



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro



Año III
No. 16





M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Rector

Dr. Raúl Ernesto Azcúnaga López
Vicerrector Académico

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Vicerrector Administrativo

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval
Secretario General

Lic. Iván Hernández
Presidente Asamblea General Universitaria (AGU)

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
Secretario de Investigación Científica de la Universidad de El Salvador (SIC-UES)
Director Ejecutivo del Consejo de Investigaciones Científicas
de la Universidad de El Salvador (CIC-UES)

Dr. Francisco Lara Ascencio
Decano Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos
Vicedecano Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra
Secretario Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García
Jefe de la Unidad de Investigación
Facultad de Ciencias Agronómicas

COMITÉ EDITORIAL

Fidel Ángel Parada Berrios

Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Blanca Eugenia Torres de Ortiz

Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Ma. Mónica Lara Uc

Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

Víctor D. Carmona Galindo

Director of Sustainability and Associate Professor Biology Department. University of Detroit Mercy, Detroit Michigan, United States.

Andrea L. Joyce

Assistant Professor, University of California, Merced. United States.

Leopoldo Serrano Cervantes

Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Mario Ernesto Parada Jaco

Laboratorio de Parasitología Vegetal, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).

Aisur Ignacio Agudo Padrón

Gerente Investigador del Projeto Brasileiro Autônomo "Avulsos Malacológicos - AM, Brasil.

Miguel Ángel Hernández Martínez

Escuela de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Luis A. Mejía

Adjunct Professor, Department of Food Science and Human Nutrition University of Illinois, Urbana-Champaign

José Rutilio Quezada

Consultor Internacional, Manejo Integrado de Plagas y Control Biológico, Estados Unidos

Rudy Anthony Ramos Sosa

Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Director: José Miguel Sermeño Chicas

Sub-director: Isidro Galileo Romero Castro

Editor gráfico: Luis Alberto Sánchez Alfaro

Editor digital: Saúl Antonio Vega Baires

Correctores de estilo: Cristina Isabel Gúzman y Selvin Mauricio Quintanilla

Fotografía de portada: Raúl Magarín



CONTENIDO

Año III, Número 16
Mayo - Agosto 2020
ISSN 2522-6509

Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador	6
Influencia del sexo fetal en el desempeño productivo de vacas lecheras primíparas y múltiparas en una ganadería del departamento de Sonsonate, El Salvador	20
Evaluación del proceso de elaboración de queso fresco con dos tipos de leche y su incidencia en parámetros productivos y calidad en la Asociación de Productores Agropecuarios de Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador	36
Evaluación de la inclusión de desechos alimenticios a la dieta de cerdos criollos (<i>Sus scrofa domesticus</i>) en etapa de inicio y su efecto en los parámetros productivos y económicos	53
Efecto del <i>Enterococcus faecium</i> en el desarrollo y crecimiento intestinal de pollos de engorde	66
Determinación de la proporción sexual de tortugas Carey (<i>Eretmochelys imbricata</i>) inmaduras, mediante la detección de testosterona por medio de la prueba de ELISA	73
Prototipo agroindustrial de harina de <i>Acheta domesticus</i> (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano	81
Prevalencia de <i>Contracaecum</i> sp. en tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) y Cormorán (<i>Phalacrocorax brasilianus</i>) en el embalse Cerrón Grande, distrito de Riego Atiocoyo y Lago de Ilopango	91
Diversidad de peces en el río Titihuapa, Cabañas y San Vicente, El Salvador	103
Reseña del Origen y Desaparición de los Bovinos Criollos en El Salvador, el Primer Paso para una Posible Reintroducción	118



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador

Evaluation of the wastewater treatment plant in the municipality of La Palma, department of Chalatenango, El Salvador

Avalos-Ochoa, A.A¹; Pineda Mancía, Y.J¹; Rodríguez-Urrutia, E.A²; Arias-de Linares, A.Y³; Arriaza-Alfaro, C.M⁴

RESUMEN

La investigación se realizó del 22 de noviembre de 2017 al 29 de marzo de 2019 en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador. Ubicada a 1,059 metros sobre el nivel del mar. El objetivo fue evaluar el funcionamiento en cuanto a manejo, operación y mantenimiento de dicha Planta de Tratamiento. Asimismo conocer si cumple con los parámetros establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09. Se realizaron cinco muestreos de las aguas residuales con 15 submuestras para análisis físico-químicos, microbiológicos y aceites y grasas, los cuales fueron analizados en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia, y en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), todos de la Universidad de El Salvador. Según los resultados obtenidos, la Planta de Tratamiento cumple su función en los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), pH, Temperatura, Nitratos y Fosfatos; pero no cumple para los parámetros Coliformes Totales y Fecales, Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Disueltos, Turbidez, Conductividad eléctrica y Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Palabras claves: Planta de tratamiento, aguas residuales, coliformes, análisis fisicoquímicos.

ABSTRACT

The research was carried out from November 22, 2017 to March 29, 2019 at the Wastewater Treatment Plant of the municipality of La Palma, department of Chalatenango, El Salvador, located at 1,059 meters above sea level. The objective was to evaluate the performance in terms of management, operation and maintenance of said Treatment Plant, and also to know if it complies with the parameters established in the Mandatory Salvadoran Standard for Wastewater Discharged to a Receiving Body NSO

- 1 Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. avalos_8a@yahoo.com y pineda93yariel@gmail.com
- 2 Director de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. earu_1663@yahoo.com.mx
- 3 Profesora Universitaria, Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. yani_linares@hotmail.com
- 4 Coordinadora del Centro de Investigación y Desarrollo (CIDE) de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). claudia.arriaza@anda.gob.sv

13.49.01: 09. Five samples of wastewater were carried out with 15 subsamples for physical-chemical, microbiological and oil and fat analysis, which were analyzed in the Laboratory of Agricultural Chemistry of the Faculty of Agronomic Sciences, in the laboratory of the Faculty of Chemistry and Pharmacy, and at the Center for Research and Development in Health (CENSALUD), all of the University of El Salvador. According to the results obtained, the Treatment Plant fulfills its function in the Biochemical Oxygen Demand (BOD5), pH, Temperature, Nitrates and Phosphates parameters; but it does not meet the parameters for Total and Fecal Coliforms, Fats and Oils, Dissolved Suspended Solids, Turbidity, Electrical conductivity and Chemical Oxygen Demand (COD).

Key words: Treatment plant, wastewater, coliforms, chemical physics analysis.

INTRODUCCIÓN

Internacionalmente se sabe que 2,600 millones de personas carecen de acceso al saneamiento apropiado en el mundo, según cálculos de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Si la tendencia actual se mantiene, para el 2020 se tendrán 3,000 millones de personas sin acceso al saneamiento básico, las regiones con la peor cobertura son el África subsahariana (31%), el sur de Asia (36%) y Oceanía (53%). Los problemas fundamentales que empeoran la situación en muchos países son una infraestructura deficiente, escasez de recursos humanos y medios insuficientes para mejorar la situación (Olea 2013).

El crecimiento de la urbanización y la población humana aumentan los problemas de contaminación y en consecuencia el suministro de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales. Debido a esto se han desarrollado diferentes técnicas como el tratamiento aerobio y anaerobio en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, para disminuir la contaminación de ríos y lagos, las cuales están siendo adoptadas por diferentes sectores industriales y municipales, ya que son requisitos exigidos por parte de las autoridades ambientales de El Salvador. La calidad del agua de los ríos de El Salvador es mala, ya que solo el 5% del agua superficial es apta para ser potabilizada mediante procesos convencionales de tratamientos. Casi todas las aguas rebasan los límites establecidos para una buena calidad medioambiental y sanitaria en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y coliformes fecales. El agua contaminada y el poco acceso a ella afectan la calidad de vida, la productividad, la salud de la población y de los ingresos de los diferentes sectores, porque las

personas pobres del área rural dedican un porcentaje de su tiempo productivo para acarrear agua a sus viviendas (ANDA 2009).

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización (Pérez y Camacho 2011).

En la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de La Palma, Chalatenango, El Salvador, las tareas de saneamiento se realizan de la siguiente manera:

- a) Tanque RAFA (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (UASB), por sus siglas en inglés): Es un tanque en el cual el agua residual ingresa por el fondo, distribuyéndose de manera uniforme desde el fondo hacia la superficie. El tratamiento se produce cuando el agua residual entra en contacto con las partículas que son capas de lodo formadas por gránulos de 0.5 a 2.0 mm de diámetro.
- b) Filtro Biológico: Es de forma rectangular, la función principal es la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual a través de un medio filtrante.
- c) Sedimentador Secundario: Es rectangular y permite la retención de las partículas o sólidos que se encuentran en suspensión y que son capaces de sedimentar por acción de su propio

peso o por la biofloculación entre ellos, durante un período de retención establecido en dos horas.

- d) Tanque de Cloración: Está ubicado como tratamiento final con el fin de desinfectar el efluente con cloro en la forma de sodio o calcio.
- e) Digestor de Lodos: La digestión de los lodos extraídos del tanque RAFA y del sedimentador secundario se depositan en un tanque cilíndrico, cuyo diámetro interno es de cinco metros, donde son completamente estabilizados los lodos por acción de bacterias anaerobias y facultativas (SAGRISA 2005).

Cuando las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales están operando, éstas deben seguir un programa de monitoreo y vigilancia continua acerca de su funcionamiento, para saber su eficiencia y solucionar a tiempo los problemas que se estén presentando (Domínguez 2009).

La Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09, establece las características y valores permisibles que debe presentar el agua residual para proteger los cuerpos receptores. Esta Norma divide las aguas residuales en dos: de carácter ordinario y especial, la primera consiste en el agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares; la segunda se refiere a las aguas residuales generadas por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario (MARN 2009).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango, El Salvador, el cumplimiento de la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09, y conocer por medio de análisis físicos, químicos y microbiológicos, si el agua descargada al río, presenta algún tipo de contaminante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la Investigación

La investigación se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador, ubicada a 1,059 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas Latitud 14.3167 y Longitud -89.1667 (ISDEM 2014).

Se evaluaron 12 parámetros: Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Nitratos, Fosfatos, pH, temperatura, turbidez y conductividad eléctrica, y fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 "Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor", que establece las características y valores permisibles que debe presentar el agua residual para ser descargada a un cuerpo receptor (MARN 2009).

Metodología de Campo

Para el muestreo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se utilizaron frascos de vidrio color ámbar de un litro de capacidad; para los muestreos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y Aceites, Nitratos, Fosfatos, pH, Turbidez, Temperatura y Conductividad Eléctrica, se utilizaron frascos de polietileno de un litro; para las muestras de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, se utilizaron frascos de polietileno esterilizados.

Al momento de realizar cada muestreo, los frascos se enjuagaron tres veces antes de proceder a llenarlos, identificando los frascos con las muestras de agua residual con la siguiente información: lugar, fecha, hora del muestreo y análisis realizado; después los frascos fueron depositados en una hielera, teniendo el cuidado de mantener la cadena de frío a una temperatura de más o menos 4°C.

Las muestras de aguas residuales se tomaron entre las 5:30am - 6:00 am, siendo trasladadas a los laboratorios,

debidamente protegidas e identificadas para realizar los análisis.

Metodología de laboratorio

Los análisis de Sólidos Suspendidos, pH, Conductividad, Turbidez, Nitratos, Fosfatos y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), fueron realizados en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. La primera actividad fue el filtrado, para ello se utilizó papel filtro Whatman número 42, para posteriormente desarrollar los análisis de conductividad eléctrica, sólidos totales y sólidos suspendidos, los que fueron medidos con una Sonda Multiparámetros marca HACH, modelo HQ 40d; el pH y la temperatura se midió con un Peachímetro marca PCE-PH22, el cual se calibró con una solución buffer; la turbidez, nitratos y fosfatos, se analizaron en un Espectrofotómetro marca Shimadzu, modelo AA-7000.

Los análisis de Aceites, Grasas y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se realizaron en el laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia, UES. El análisis de Grasas y Aceites se inició homogenizando la muestra, se midió el pH (ya que para dicho análisis el pH debe ser 2), si la muestra es mayor de 2 se aplica ácido Clorhídrico 1+1, y se midieron 500 ml de la muestra, luego se filtraron. Al finalizar el filtrado, se colocó en una estufa marca LAB-LINE, modelo 3512, a 103°C por 30 minutos, después el filtrado se transfirió a un balón volumétrico con Hexano, se esperó 4 horas para obtener los resultados.

Para el análisis de la Demanda Química de Oxígeno, se utilizó un kit especial marca Nanocolor, el cual contiene una cubeta de reacción, la que se agita y se le agregan 3 ml de muestra de agua, dichos kit se colocaron por 2 horas en un termo reactor a 148°C, luego se tomó la lectura de resultados del parámetro en un fotómetro marca Merck, modelo Nova 60.

Los análisis microbiológicos de Coliformes Fecales y Totales, se realizaron en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad

de El Salvador. En estos análisis se tomaron 10 ml de cada muestra, realizando varias diluciones con una solución buffer, luego las muestras se pasaron a incubadora. En las primeras 24 horas se observó, si hay viraje de color de café a azul verdoso o fluorescencia y para obtener mejores resultados, se revisaron diariamente dichos virajes de colores por al menos 5 días.

Análisis de datos

Se utilizaron los métodos estadísticos descriptivos multivariados como el Análisis de Correspondencia, con el objetivo de crear un mapa de la posición relativa de las variables cualitativas estudiadas con cada uno de sus valores posibles; una posición que refleje el grado de asociación entre ellas. Así como los Análisis de Componentes Principales, para describir un conjunto de datos en términos de nuevas variables ("componentes") no correlacionadas y así reducir la dimensionalidad de los datos obtenidos. Dichos análisis se realizaron con el software estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siendo el objetivo de la investigación evaluar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento en cuanto a manejo, operación y mantenimiento; se realizó la caracterización mediante análisis de laboratorio en los procesos unitarios y el efluente, para comparar el cumplimiento con los valores máximos que establece la Norma NSO 13.49.01:09, y proponer una alternativa para reutilización del agua en agricultura.

Caracterización de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro DBO_5 , (Cuadro 1), se observa que en todos los resultados se cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria

NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”, y se demuestra que la Planta de Tratamiento cumple con el tratamiento para este parámetro. Según Benavidez (2006), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), permite estimar el consumo de oxígeno que utilizarán las bacterias para

degradar la materia orgánica del líquido residual disponible en los sistemas líquidos en 5 días a 20°C. Si este consumo es superior a la cantidad de oxígeno disuelto presente en ese lecho, el mismo entrará en proceso de putrefacción.

Cuadro 1. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestras					Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
DBO ₅	6.4 mg/l	39 mg/l	36.5 mg/l	9.54 mg/l	10.56 mg/l	60 mg/l

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro DQO (Cuadro 2), muestran que el primero, tercero y cuarto muestreo cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”. Según Hidritec (2011), la Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica presente en aguas residuales. Representando una medida de la contaminación orgánica de un efluente,

siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y proporciona una idea del grado de toxicidad del vertido.

Para el 2° muestreo los valores de la DQO, aumentaron significativamente debido a una ruptura de las cañerías en la carretera, permitiendo el ingreso de otro tipo de aguas, materiales y sustancias no deseadas. En el 5° muestreo, los resultados sobrepasan el límite debido al aumento del caudal en la época lluviosa, lo que demuestra que la Planta de Tratamiento cumple parcialmente con el tratamiento para este parámetro (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestras					Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
DQO	8 mg/L	223 mg/L	126.3mg/L	93 mg/L	156 mg/L	150 mg/L

Sólidos Suspendidos Totales

Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Sólidos

Suspendidos Totales (Cuadro 3), observándose que todos los resultados no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no está cumpliendo las funciones para la disminución de este

parámetro debido a que el desarenador tiene algunos problemas y las rejillas que retienen los sólidos deberían evaluarse, si es necesario que sean más finas para disminuir las cantidades de Sólidos Totales Suspendidos que entran a la Planta de Tratamiento.

Según Fluence (2017), los cambios en las concentraciones de los sólidos suspendidos totales

pueden ser dañinos, debido a que la densidad del líquido determina el flujo del agua hacia y desde las células de un organismo; por tanto, si las concentraciones de los sólidos suspendidos totales son demasiado altas o demasiado bajas, el crecimiento de gran parte de la vida acuática puede ser limitado y se puede producir la muerte.

Cuadro 3. Resultados de Sólidos Suspendidos Totales en el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
Sólidos Suspendidos	141.4 mg/L	202.5 mg/L	64 mg/L	186.1 mg/L	186.2 mg/L	60 mg/L

Fosfatos

En el efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para el parámetro Fosfatos (Cuadro 4), todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”. Según Bolaños *et al.* (2017), el ion fosfato suele operar

como un nutriente del crecimiento de algas, esto quiere decir que cuando existe mayor concentración de fosfatos, crecen las algas de manera desmedida, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua, dándose un crecimiento descontrolado de la materia orgánica viva, situación que conlleva a una mayor tasa de descomposición que finalmente conduce a un proceso de eutrofización.

Cuadro 4. Resultados de Fosfatos en el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
Fósforo	9.7 mg/L	0.16 mg/l	4.1 mg/l	4.3 mg/l	6.8 mg/l	15 mg/l

Nitratos

Los cinco muestreos realizados en el efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Cuadro 5), cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”. Según Palomares (2013), los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno y uno de nitrógeno, con

una carga negativa (NO_3^-), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno; sin embargo, en determinadas zonas ha habido una alteración de este ciclo en el sentido de que se ha producido un aumento en la concentración de nitratos, debido fundamentalmente a un excesivo

uso de abonos nitrogenados y a su posterior arrastre por las aguas de lluvia o riegos. Actualmente en la Comunidad Europea el nivel máximo permitido de

nitratos en aguas potables es de 50 mg/l, siendo 25 mg/l el valor guía.

Cuadro 5. Resultados de Nitratos en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-18	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
Nitrógeno total	3.5 mg/l	0.92mg/l	0.73mg/l	0.87mg/l	0.6mg/l	50mg/l

pH

Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro pH (Cuadro 6),

se observa que todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 6. Resultados de pH en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
pH	7.13	8.25	7.8	7.57	7.55	5.5 - 9.0

Según Espigares y Pérez (s.f.), la actividad biológica se desarrolla dentro de un intervalo de pH generalmente estricto. Un pH que se encuentre entre los valores de 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies, aunque algunas son muy estrictas a este respecto. Un aspecto importante del pH es la agresividad de las aguas ácidas, que da lugar a la solubilización de sustancias por ataque a los materiales.

Turbidez

Los resultados de los cuatro muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Turbidez (Cuadro 7), se observa que todos los resultados no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 7. Resultados de Turbidez en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Muestreos				Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	
	31-01-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
Turbidez	8 u	55 u	25 u	21 u	5 unidades

Según los resultados obtenidos, se observa que después que el agua pasa por todos los procesos, disminuye la turbidez significativamente, sin embargo, no se logra cumplir con la Norma. Los altos valores de la turbidez son debidos a los desechos domésticos y a los materiales suspendidos en el agua que llegan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Según Espigares y Pérez (s.f.), la alta turbidez en las aguas residuales se debe a la cantidad de materias en suspensión (limo, materia orgánica y microorganismos). Esta turbidez en las masas de aguas receptoras, afecta la penetración de la luz, lo que causa una menor productividad primaria.

Temperatura

Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Temperatura (Cuadro 8), se observa que se mantiene la temperatura dentro del rango adecuado según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”, a excepción del primer muestreo. Según Ruiz (2005), las temperaturas altas ejercen una acción perjudicial sobre las aguas receptoras, pudiendo modificar la flora y fauna de éstas, dando lugar al crecimiento indeseable de algas, hongos, entre otros.

Cuadro 8. Resultados de Temperatura en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	
Temperatura	19.1° C	22° C	23° C	21° C	22.4° C	20 - 35° C

Conductividad Eléctrica

Los resultados de los cuatro muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Conductividad Eléctrica

(Cuadro 9), se observa que todos los muestreos no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 9. Resultados de Conductividad Eléctrica en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Muestreos				Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	
	31-01-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	
Conductividad eléctrica	296 mS/cm	419 mS/cm	298 mS/cm	336 mS/cm	500 a 800 mS/cm

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales disminuye los valores de la Conductividad Eléctrica, por lo tanto, el tratamiento dado al agua en la Planta no es adecuado para controlar el parámetro conductividad. La Conductividad Eléctrica indica la facilidad con la que la corriente eléctrica pasa a través del agua residual. Puesto que el agua pura

es muy mala conductora de la corriente eléctrica, las conductividades elevadas indican presencia de impurezas, y más concretamente de sales disueltas. Además, la conductividad informa sobre la posibilidad de usar el agua residual tratada para riegos, ya que muchos cultivos son sensibles al contenido de sales disueltas, y la exposición del terreno a riegos

prolongados con aguas muy conductoras puede dar lugar a su inutilización como terreno de cultivo. En este caso la Conductividad eléctrica de la Planta de tratamiento de aguas residuales es bajo, debido a que la temperatura de dicha agua es baja; así como también los Sólidos Disueltos (MOPT s.f.).

Análisis de datos

Medidas de Resumen de Componentes Principales para parámetros físico-químicos

El Componente 1 (CP1) o eje “x” representa el 41.9% de la variación, teniendo mayor representatividad la DQO, la Conductividad y los Sólidos Totales Suspendidos, ya que son los valores que en la Figura 1, se posicionan más al lado derecho. En la Figura 1, el Componente 2 (CP2) o eje “y” representa el 18.9% de la variación, teniendo mayor representatividad el Fósforo total, la temperatura y la DBO₅, ya que son los parámetros que se encuentran en la parte superior del eje “y”.

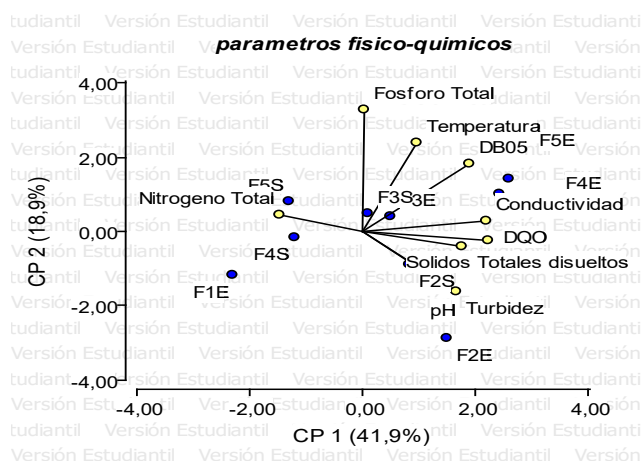


Figura 1. Componentes principales para parámetros físico-químicos

Prueba de Componentes Principales para parámetros físico-químicos

Se realizó la prueba de Componentes Principales a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de las aguas afluentes y efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Los valores más altos son de los parámetros que se presentan en mayores concentraciones y se ordenan en la tabla de

mayor a menor, observando en el Cuadro 10 que la DQO se presenta mayormente y el nitrógeno total en menor concentración.

Grasas y aceites

Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Grasas y Aceites (Cuadro 11), se observa que el tercer y cuarto muestreo cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”. Según Aguamarket (2017), el hecho que las grasas y aceites sean menos densos que el agua e inmiscibles con ella, hace que se difundan por la superficie de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies de agua. Además de producir un impacto estético, reducen la reoxigenación a través de la interfase aire-agua, disminuyen el oxígeno disuelto y absorben la radiación solar, afectando a la actividad fotosintética y, en consecuencia, la producción interna de oxígeno disuelto. Esto encarece los tratamientos de depuración, y algunos aceites, especialmente los minerales, suelen ser tóxicos.

Medidas de resumen para grasas y aceites

En el eje o componente 1 de la Figura 2 el cual representa la variación de resultados para grasas y aceites en las diferentes épocas del año, se observa que el mayor contenido de Grasas y Aceites se encontró en el primer muestreo del efluente (F1S). En el eje o componente 2 de la Figura 2, representa la variación de resultados para grasas y aceites en las diferentes épocas del año, observando que los valores de grasas y aceites más altos corresponden al quinto muestreo del efluente (F5S).

Coliformes fecales

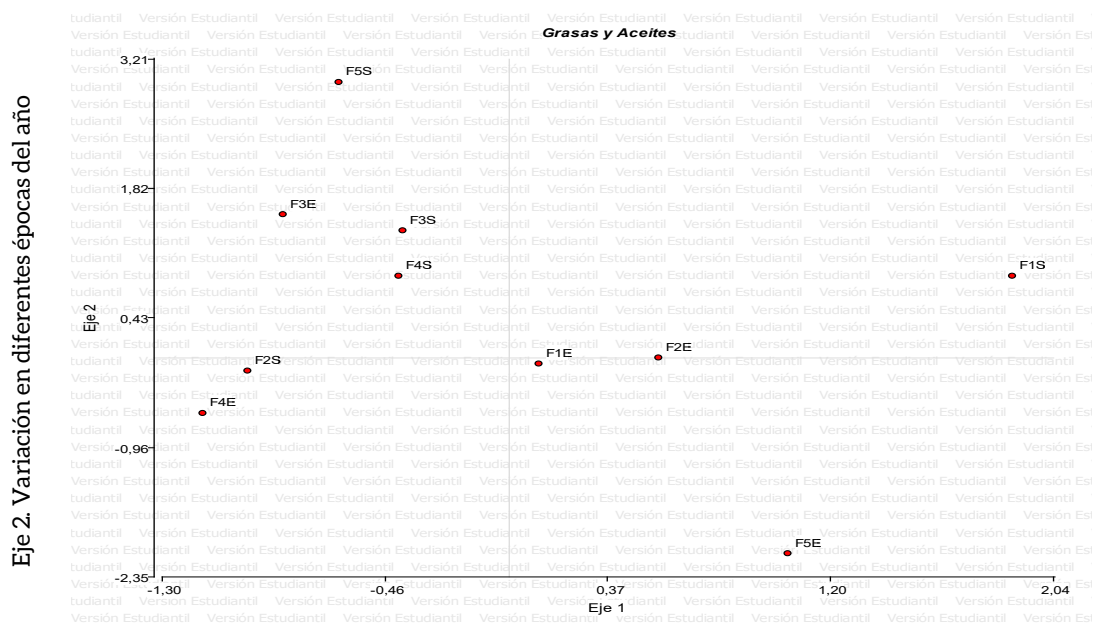
Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Coliformes fecales (Cuadro 12), se observa que únicamente el primer muestreo cumple con la Norma Salvadoreña

Cuadro 10. Resumen de componentes principales para parámetros físico-químicos.

Autovalores				
Lambda	Valor	Proporción	Proporción acumulada	Parámetro
1	3,77	0,42	0,42	DQO
2	1,70	0,19	0,61	Conductividad
3	1,57	0,17	0,78	DBO ₅
4	1,09	0,12	0,90	Sólidos totales disueltos
5	0,42	0,05	0,95	Turbidez
6	0,30	0,03	0,98	Ph
7	0,13	0,01	1,00	Temperatura
8	0,02	2,3E-03	1,00	Fósforo total
9	1,5E-05	1,6E-06	1,00	Nitrógeno total

Cuadro 11. Resultados de Grasas y Aceites en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de muestreos					Parámetro según la Norma
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	NSO.13.49.01:09
Grasas y Aceites	58 mg/ L	124.2 mg/L	Menor a 10 mg/L	2 mg/L	25 mg/L	20 mg/L



Eje 1. Variación en diferentes épocas del año

Figura 2. Análisis de correspondencia para grasas y aceites

Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”. En este parámetro los factores que influyen en las altas concentraciones de coliformes fecales son: la cantidad de agua residual que entra en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es bastante, lo que hace suponer que las aguas lluvias en las viviendas del casco urbano de la ciudad de La Palma están conectadas al sistema de alcantarillado sanitario; además el volteo del material que resulta del filtro biológico no se realiza debido a la poca mano de obra que trabaja en la Planta de Tratamiento.

El grado de desinfección requerido de cualquier sistema de purificación por cloración puede ser obtenido mediante la variación de la dosis y el tiempo de contacto. La dosis varía con base en la demanda de cloro, las características del agua residual y los requisitos de descarga del efluente. La dosis generalmente tiene un rango de 5 a 20 miligramos por litro (mg/L) (EPA 1999). Según Reyes (2016), el hecho de que se den intervalos de valores de las dosis de Cloro es debido a la variabilidad de las características del agua residual. Por ello, siempre que sea factible, es conveniente realizar ensayos de laboratorio para determinar las dosis óptimas de cloro.

Cuadro 12. Resultados de Coliformes fecales en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	
Coliformes Fecales	390 NM-P/100mL	Mayor de 160,000 NMP/100 ml	Mayor de 160,000 NMP/100 ml	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 ml

Coliformes totales

Los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Coliformes totales (Cuadro 13), muestran que todos los muestreos no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”. En este parámetro los factores que influyen en las altas concentraciones de coliformes

totales son: el tanque RAFA (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente) que presentó una ruptura en su parte superior que afecta el proceso de depuración; las dosis de Cloro que están usando y la frecuencia con la que aplican, no logran disminuir las concentraciones de coliformes totales. Según DSENY (2008), el grupo de coliformes totales es menos fiable como indicador, pues no todos los coliformes son exclusivamente de origen fecal y a menudo, la proporción de coliformes no fecales es muy elevada en los climas cálidos.

Cuadro 13. Resultados de Coliformes totales en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	1° muestreo	2° muestreo	3° muestreo	4° muestreo	5° muestreo	
	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	27-09-2018	
Coliformes Totales	Mayor de 16,000 NMP/100 mL	Mayor de 160,000 NMP/100 mL	Mayor de 160,000 NMP/100 mL	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 ml

Componentes principales de Coliformes Totales y Fecales.

El componente 1 correspondiente a los muestreos en diferentes épocas del año está explicando el 99.9% de la variación, teniendo igual representatividad los

Coliformes Totales y los Coliformes Fecales (Figura 3). En el tercer muestreo del afluente se presentó la mayor cantidad de ambos parámetros, pero los coliformes totales y fecales deben ser analizados todo el año.

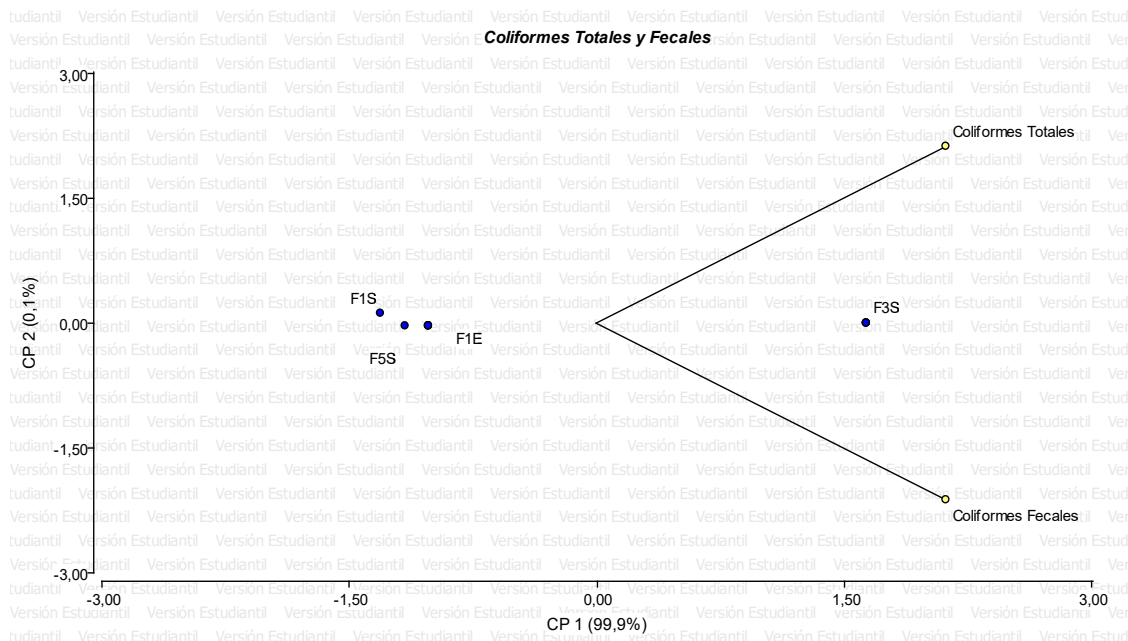


Figura 3. Componentes principales de coliformes totales y fecales

CONCLUSIONES

El agua descargada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales hacia el río de La Palma, Chalatenango, cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”, para los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), pH, Temperatura, Nitratos y Fosfatos.

El agua descargada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales hacia el río de La Palma, Chalatenango, no cumple con la Norma NSO.13.49.01:09 para los parámetros: Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Turbidez, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas.

Existe variación en las concentraciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en las

aguas residuales afluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales durante la época seca, transición y lluviosa, cambiando los resultados en cada época.

No se están realizando los muestreos de las aguas residuales necesarios para analizar la calidad del agua tratada que es descargada al río La Palma.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango, no está diseñada para eliminar parámetros microbiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

Aguamarket, 2017. Contaminantes del agua, grasas y aceites. (en línea). Santiago, Chile. Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3039>

ANDA (Administración Nacional de Acueductos

- y Alcantarillados, El Salvador). 2009. Aspectos Generales de El Salvador (en línea). Consultado 28 de enero 2017. Disponible en www.Bnamericas.com/profile/es/wasterwater-tratamiento-planta-san-salvador-ptar-san-salvador
- Benavidez Benavidez, LP. 2006. Evaluación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales de la Central de Sacrificio de Túquerres (Nariño). Colombia. 10p. (en línea). Consultado 06 de nov. 2018. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/11051512.pdf>
- Bolaños Alfaro, JD; Cordero Castro, G; Segura Araya, G. 2017. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). 17p. (en línea). Consultado 31 de oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- DSENY (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany). 2008. Manual de Tratamiento de Aguas. Nueva York, Estados Unidos. Editorial Limusa. p 203.
- Domínguez Morera, K. 2009. Evaluación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Aeropuerto Internacional Matecaña. Colombia. 1p. (en línea). Consultado 25 de ene. 2017. Disponible en www.Repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059
- EPA (Environmental Protection Agency, Estados Unidos). 1999. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. Desinfección con cloro. (en línea). Consultado 06 de nov. 2018. Disponible en <http://www.vypasesores.com/images/sce/docs/Desinfeccion-con-cloro-de-aguas-residuales.pdf>
- Espigares García, M; Pérez López, J. (s. f.). A g u a s Residuales. Composición. (en línea). Consultado 31 de oct. 2017. Disponible en http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Fluence, 2017. Sólidos disueltos y purificación del agua (en línea). NY, USA. Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en www.fluencecorp.com/es/purificacion-de-agua-y-solidos-disueltos/
- Hidritec. 2011. Tratamiento de aguas Residuales, disminución de DQO. España. (en línea) Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en <http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo>
- ISDEM (Instituto Nacional de Desarrollo Municipal). 2014. Plan Estratégico Participativo del Municipio (PEP) 2015-2019. (en línea). Consultado 22 de abr. 2019. Disponible en [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PEP_MULTIANUAL__LA_PALMA_\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PEP_MULTIANUAL__LA_PALMA_(1).pdf)
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2009. Norma Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09. (en línea). Consultado 30 ene. 2017. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/descarga/norma-aguas-residuales-descargadas-a-cuerpo-receptor-nso-13-49-01-09/>
- MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica). s.f. Aguas residuales. (en línea). Consultado 06 de nov. 2017. Disponible en http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Aguas_residuales_MOPT.pdf
- Olea Madruga, RC. 2013. Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Coatepec, Veracruz. México. 1 p. (en línea). Consultado 26 de ene. 2017. Disponible en www.docplayer.es/9644614-Evaluacion-de-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-del-municipio-de-coatepec-veracruz.html
- Palomares, AE. 2013. Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento. España. (en línea). Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>
- Pérez Alarcón, FE, Camacho Alcalá, KL. 2011. Tecnologías para el tratamiento de aguas Servidas. (en línea). Consultado 05 ene. 2017. Disponible en <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29490/1/PerezAlarconyCamachoAlcala.pdf>
- Reyes López, MG. 2016. Uso del Cloro en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas:

Desinfección y Formación de Subproductos. México. 16p. (en línea). Consultado 06 de nov. 2018. Disponible en <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/23350/1/Tesis%20Gpe%20Reyes%20.pdf>

Ruiz, C.J. 2005. Efecto del vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en la reducción del flúor y otros compuestos contaminantes en aguas de consumo humano. Caso: caserío Guarataro, estado Yaracuy, Venezuela. (en línea). Consultados 10 oc. 2017. Disponible en http://www.vetiver.org/LAICV2F/2%20Environmental%20Protection/E6Yasmin_PpS.pdf

SAGRISA (Servicio Agrícola Salvadoreño). 2005. Manual de operación y mantenimiento. Planta de tratamiento de aguas residuales y ampliación de alcantarillado sanitario, municipio de La Palma, Chalatenango. San Salvador, El Salvador. 73p.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Influencia del sexo fetal en el desempeño productivo de vacas lecheras primíparas y multíparas en una ganadería del departamento de Sonsonate, El Salvador

Influence of fetal sex on the productive performance of primiparous and multiparous dairy cows in a livestock farm in the department of Sonsonate, El Salvador

Rodríguez-Lemus, I.M¹, Leyton-Barrientos, L.V², Mendoza, M.V²

RESUMEN

Se evaluó la influencia del sexo fetal en los parámetros productivos de vacas primíparas y multíparas en una ganadería de la cuenca lechera del departamento de Sonsonate de El Salvador. Se analizaron los registros de vacas raza Holstein puras que parieron entre los años 2004 y 2017. Se creó una base de datos en el programa VAMPP Bovino 3.0® mediante la recolección de registros físicos y digitales proporcionados por la ganadería, tales como la identificación del animal, fechas de partos, fecha de secado, número de parto, sexo de las crías y producción de leche quincenal. De la base se extrajeron un total de 3,492 datos pertenecientes a 190 animales, con ellos se calcularon los parámetros para medir el desempeño productivo de los animales en estudio. Las variables independientes evaluadas fueron: la paridad (1er, 2do y 3er parto) y el sexo fetal de la cría (Hembra y Macho). Las variables dependientes fueron: la producción promedio diario por vaca, producción al pico de lactancia, días al pico de lactancia, duración de lactancia por vaca, producción total a 305 días y la persistencia. Para el análisis estadístico se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, ya que se evaluaron las primeras 3 lactancias y ambos sexos de las crías y también se aplicó la prueba estadística de Análisis de Varianza Multivariado. Los promedios generales de las variables analizadas no fueron influenciados por el sexo fetal ($p>0.05$). No obstante, se tuvieron significancias estadísticas para todas las variables productivas y su interacción con el número de lactancias, ya que, a mayor número de partos, la producción promedio diaria, producción al pico de lactancia y la producción acumulada a los 305 días se incrementaron. Las vacas primíparas tardaron más días en llegar al pico de lactancia que las vacas multíparas y tuvieron la menor duración de la lactancia comparadas a las multíparas ($p=0.0001$). Aunque las vacas multíparas alcanzaron una mayor producción de leche, no fueron capaces de sostenerla a lo largo de la lactancia, presentando un menor porcentaje de persistencia (multíparas=90.52%; primíparas=93.65%). Al realizar la prueba multivariante se encontró que las vacas que en sus tres lactancias gestaron crías hembra, hembra y macho (HHM) tuvieron: los rendimientos productivos más bajos, la duración de la lactancia más corta y la menor persistencia, llegando al pico de lactancia en un periodo más corto ($p=0.0007$).

Palabras claves: sexo fetal, primípara, multípara, parámetro productivo, Holstein, lechera.

- 1 Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. iliana2345@hotmail.com
- 2 Docentes directores, Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. ludleyton@yahoo.com; manuel.mendoza@ues.edu.sv

ABSTRACT

The influence of fetal sex on the productive parameters of primiparous and multiparous cows in a herd of the dairy basin of the Sonsonate department of El Salvador was evaluated. The records of pure Holstein breed cows that calved between 2004 and 2017 were analyzed. A database was created in the VAMPP Bovino 3.0® software by collecting physical and digital records provided by the herd, such as the identification of the animal, calving dates, drying date, calving number, calf sex and biweekly milk production. From the base a total of 3,492 data belonging to 190 animals were extracted, with them the parameters to measure the productive performance of the animals under study were calculated. The independent variables evaluated were: parity (1st, 2nd and 3rd calving) and the fetal sex of the calf (Female and Male). The dependent variables were: average daily production per cow, production at peak lactation, days at peak lactation, duration of lactation per cow, total production at 305 days and persistence. For the statistical analysis, a completely randomized design with a bifactorial arrangement was applied, since the first 3 lactations and both sexes of the offspring were evaluated and the statistical test of Multivariate Analysis of Variance was also applied. The general averages of the variables analyzed were not influenced by fetal sex ($p > 0.05$). However, there were statistical significance for all the productive variables and their interaction with the number of lactations, since the higher the number of deliveries, the average daily production, production at the peak of lactation and the cumulative production at 305 days increased. Primiparous cows took more days to reach peak lactation than multiparous cows and had the shortest duration of lactation compared to multiparous cows ($p = 0.0001$). Although the multiparous cows achieved higher milk production, they were not able to sustain it throughout the lactation period, presenting a lower percentage of persistence (multiparous = 90.52%; primiparous = 93.65%). When performing the multivariate test, it was found that the cows that in their three lactations produced female, female and male calves (HHM) had: the lowest productive yields, the shortest lactation duration and the least persistence, reaching the peak of lactation in a shorter period ($p = 0.0007$).

Key words: fetal sex, primiparous, multiparous, productive parameter, Holstein, dairy cow.

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones lecheras tienen como objetivo producir la mayor cantidad de litros de leche de buena calidad por animal al menor costo posible. La ganadería es una producción primaria que ofrece a la industria leche y luego al comercio leche fluida y sus derivados. Esta es de gran importancia debido a que la leche tiene un alto valor nutritivo y un elevado consumo a nivel mundial (Almeida 2012). El reducido rendimiento de los animales en los sistemas de producción lechera a pequeña escala de los países en desarrollo es el resultado de factores como el clima, mala calidad de los piensos, bajos niveles de suplementación con concentrados, el escaso potencial genético para la producción de leche de los animales destinados a múltiples fines (además de la leche y la carne, éstos a menudo proporcionan tracción animal), y la elevada incidencia de enfermedades (FAO 2017).

La cría de ganado de leche ha pasado de un régimen extensivo a un intensivo en las zonas lecheras, lo que ha afectado el manejo, la alimentación y la mejora genética, dando lugar a una ganadería especializada,

que coloca a los animales en una condición anormal, forzada, con un ajuste excesivo de su organismo y su comportamiento que en ocasiones llega al estado de estrés (Castro 2002).

En sistemas estabulados las diferencias en producción entre vacas de primer parto y las multíparas se debe a una mayor repartición de nutrientes hacia la producción de leche y menor hacia la ganancia de peso, pero también la vaca primeriza tiene 80% de la capacidad de consumo de una vaca multípara. En estudios realizados con vacas Holstein Friesian en México considerando varios niveles tecnológicos, se indicó una mayor producción de leche por lactancia conforme aumentaba el número de parto (Lemus *et al.* 2008).

La medición del desempeño se lleva a cabo por medio de indicadores, los cuales pretenden mostrar en forma simple y clara los logros y objetivos de cada acción que se propone en un hato para que éstas puedan ser fácilmente entendibles y evaluadas. Esos indicadores deben decir qué proporción del hato lechero está cumpliendo con los objetivos de la empresa y qué

proporción está fallando (Piccardi 2014).

En general, para conseguir la producción óptima de leche y crías, se debe producir un ternero vivo y sano por vaca cada año (Caballa 2012), si a esto se suma el hecho que en una ganadería es deseable el nacimiento de una mayor proporción de crías hembras, sería aún más provechoso si la gestación de una hembra incidiera favorablemente en el ciclo de lactancia. Una investigación que se llevó a cabo en Estados Unidos de América, encontró que las vacas que parieron crías hembras incrementaron la producción de leche en comparación con aquellas que parieron machos; esto tuvo una implicación económica muy importante en tanto se obtuvo una diferencia de 445 kg de leche sumando las dos primeras lactaciones (Hinde *et al.* 2014).

Uno de los supuestos que se formularon los investigadores sobre cómo influye el sexo fetal en la producción de leche es que el feto hembra produce mayor cantidad de estrógenos que pueden atravesar la placenta e ir al torrente sanguíneo de la madre y así influenciar el desarrollo de la glándula mamaria. Los machos, a pesar de que también producen estrógenos, la alta cantidad de los mismos podría afectar su propio desarrollo genital, mientras que es posible que el feto hembra pueda enviar más hormonas a su madre sin ningún riesgo para ellas mismas (Hinde *et al.* citado por Barreto y Pardo 2016).

Es por esto que el presente estudio se realizó con el objetivo principal de evaluar retrospectivamente el efecto que tiene el sexo de la cría gestada sobre la producción láctea en vacas de primer, segundo y tercer parto, para determinar variaciones en parámetros como la producción promedio diaria, producción al pico de lactancia, producción total a los 305 días, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, duración, unidades experimentales

La investigación se realizó mediante una evaluación retrospectiva de la información reproductiva y

productiva de 190 animales que poseían sus 3 primeras lactancias completas y el sexo de las crías producidas, registradas en un período de 13 años de la Hacienda El Milagro de Quayta, ubicada en el kilómetro 54 ½ carretera a Sonsonate, perteneciente al municipio de Caluco, coordenadas latitud 13°73'04"N y longitud 89°65'45"O a 550 msnm; cuenta con características de manejo intensivo estabulado. Todas las vacas del hatu reciben inseminación artificial y en las novillas se utiliza semen sexado, su alimentación basada en forraje picado (Swazi y King grass), ensilado y concentrado, terminando con un alimento balanceado como Ración Total Mezclada (RTM). La Hacienda para el año 2018 contaba con un total de 247 hembras Holstein de las cuales 127 estaban en ordeño y la producción promedio diario por vaca fue de 23 kilogramos equivalente a 29.75 botellas.

Metodología de campo

Recolección de información reproductiva y productiva

Se llevaron a cabo visitas periódicas cada 15 días a la ganadería durante los meses de mayo a noviembre de 2018, con el propósito de obtener a partir de los registros manuales y respaldos del programa de registro de ganado VAMPP Bovino 3.0®, la información correspondiente a las vacas que parieron entre los años 2004 y 2017. La información reproductiva colectada fue la siguiente: identificación del animal, fechas de partos, fecha de secado, número de parto y sexo de las crías. La información productiva que se consideró para el estudio comprendió: la producción quincenal de leche por vaca registrada desde el año 2004 hasta el 2017.

Introducción de registros manuales y selección de animales

La información obtenida en físico fue introducida en el programa VAMPP Bovino 3.0® para complementar los respaldos y así efectuar su procesamiento. Una vez introducida la información en el programa VAMPP®, mediante el software, se generó una hoja de cálculo

en Excel® con los datos productivos y reproductivos de todas las vacas con lactancias registradas durante el periodo en estudio.

Se generaron 35,784 datos pertenecientes a 1278 lactancias, los cuales fueron revisados para descartar aquellas vacas que tuvieran registradas menos de 2 lactancias, que no tuvieran su registro de pesas de leche completo, las que habían sido secadas antes de cumplir su ciclo de lactancia en el 1er, 2do y 3er parto, así como aquellas que tuvieran partos asistidos, abortos y partos gemelares. Un total de 3,492 datos pertenecientes a 190 animales con sus tres lactancias completas y sexo de sus crías debidamente identificadas fueron finalmente procesados.

Cálculo de parámetros

Producción promedio por vaca por día (kg) (PPVD): esta se calculó dividiendo el total producido en el ciclo de lactancia entre el número de días que duró el ciclo.

PPVD = Producción total del ciclo/ Días en lactancia

Producción al pico de lactancia (kg) (PAPL): se obtuvo a partir de los registros de pesa quincenal de leche por vaca, los cuales se promediaron mensualmente y de éste se identificó el punto máximo de producción en el ciclo.

Días al pico de lactancia (DAP): Es el número de días que tardó la vaca en alcanzar su máxima producción y al igual que la producción al pico de lactancia, se obtuvo a partir de los datos de producción promedio mensual, identificando así el número de días que la vaca tardó en llegar a su máxima producción.

Duración de lactancia por vaca (DLV): es el tiempo que transcurrió entre la fecha de inicio de lactancia (parto) y la fecha de secado de dicha lactancia.

DLV = Fecha de secado - Fecha de inicio de lactancia

Producción total a 305 días (kg) (PT): se calculó promediando las producciones quincenales registradas durante la lactancia, obteniendo un promedio diario por vaca y este se multiplicó por los

305 días.

PT = Promedio producción diaria * 305 días

Persistencia (%) (P): Este parámetro se expresa en porcentaje y determina la proporción en que una vaca mantiene su nivel de producción después de haber alcanzado el pico de lactancia (Bretschneider *et al.* 2015).

En primera instancia de los promedios mensuales de producción se determinó el pico de lactancia, a partir de éste, se introdujo la fórmula para calcular la persistencia mes a mes hasta el final del ciclo de lactancia completo, la cual se estima dividiendo el total de leche producida en el mes actual entre la producción del mes anterior y este resultado se multiplica por 100.

P = (Producción promedio mensual actual/ Producción promedio del mes anterior) * 100

De todas las persistencias mensuales calculadas a partir del pico de lactancia, se calculó un promedio por lactancia, siendo este el utilizado para el procesamiento de los datos en el diseño estadístico.

Análisis de datos

Las variables independientes fueron: paridad (1ro, 2do, y 3er parto) y sexo fetal (Hembra y Macho). Las Variables dependientes fueron la producción promedio diarios por vaca, producción al pico de lactancia, días al pico de lactancia, duración de lactancia por vaca, producción total a 305 días y persistencia.

Para el análisis de datos se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial (3x2), debido a que se contó con tres ciclos productivos (1er, 2do y 3er parto) y dos sexos fetales (Macho y Hembra), resultando 6 observaciones con diferente número de repeticiones, también se aplicó el análisis de Varianza Multivariado para determinar la relación que existe entre la combinación de los sexos de las crías gestadas en las tres lactancias (MMM, MMH, MHH, MHM, HHH, HHM, HMM, HMH) con las

respectivas variables productivas, y por tener efecto significativo entre observaciones, se aplicó la prueba de medias de Tukey y la prueba de Hotelling para el análisis multivariado, con un nivel de confianza del 5%, fueron analizados mediante el programa SAS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción promedio por vaca por día

Según el análisis de varianza, no se obtuvo significancia estadística en las variables sexo fetal y producción promedio diarios por vaca, ni en su interacción; por lo tanto, se puede establecer que los niveles de producción láctea no se encuentran

influenciados directamente por el sexo de la cría que la vaca ha gestado.

Esto coincide con lo reportado por Hess *et al.* (2016), quienes determinaron que las vacas Holstein que parieron terneras en su segundo y tercer parto, no tuvieron significancia estadística, sin embargo, para el primer parto con ternera, se tuvieron los mayores rendimientos de leche.

No obstante, el análisis de varianza demuestra que si existe diferencia estadística significativa en la relación entre la paridad o número de lactancia con la producción promedio por vaca por día, ya que el valor “p” fue menor a 0.05 (Cuadro 1).

Cuadro 1: Análisis de varianza para producción láctea promedio (kg/d).

Sexo de la cría		Número de lactancia			Significancia		
M	H	1	2	3	Sexo	Lactancia	S*L
23.05 ^a	22.49 ^a	21.14 ^c	22.93 ^b	24.24 ^a	0.1103	<0.0001	0.2705

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Se encontró que a mayor número de partos, la producción promedio diaria se incrementó (Cuadro 2). Las vacas que produjeron machos en su segunda lactancia, tuvieron un igual desempeño productivo

que las vacas de tercera lactancia, indistintamente al sexo de sus crías y el grupo de vacas en primera lactancia presentó la menor producción diaria (Figura 1).

Cuadro 2: Producción láctea promedio diaria (kg) por lactancia y sexo fetal.

Lactancia	Sexo de la cría	Medias	Niveles		
3	H	24.35	A		
3	M	24.12	A	B	
2	M	23.35	A	B	C
2	H	22.51	B		C
1	M	21.68	C		D
1	H	20.61	D		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Tarazona y Vargas (1992), demostraron que la producción de leche, tiende a aumentar hasta los ocho años de edad de las vacas. El estado de la vaquilla en sus primeras dos lactancias determina este aumento de la producción, debiendo poseer un

peso óptimo, buena salud y desarrollo de la ubre, así como adecuada alimentación.

Por otra parte, Meikle *et al.* (2004), realizaron un estudio sobre la paridad y su efecto en la condición corporal, comprobando que las vacas primíparas

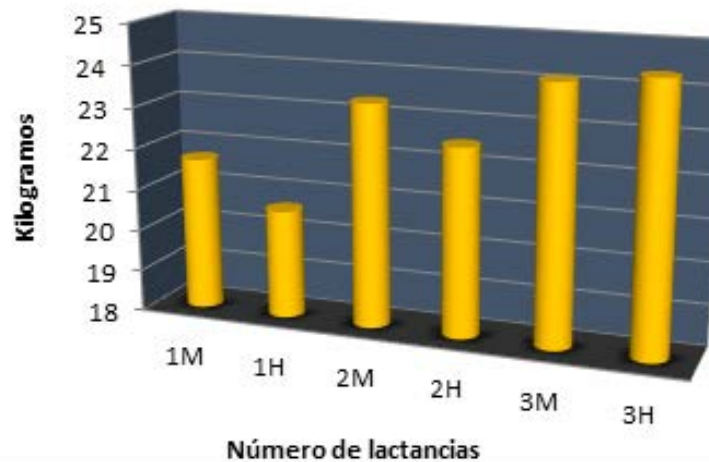


Figura 1: Producción promedio láctea diaria por lactancia y sexo fetal.

tienen una disminución más pronunciada en la condición corporal, mostrando un perfil metabólico más desequilibrado que el de las vacas multíparas y que, además, se recuperan del período de balance energético negativo con más dificultad.

Días al pico de lactancia

No se encontró significancia estadística entre la variable días al pico de lactancia y el sexo de la cría

y en su interacción con el número de lactancia; no obstante, si se encontró significancia estadística ($p < 0.0001$) en la relación entre días al pico y el número de lactancia (Cuadro 3).

Las medias del pico de lactancia mostraron que a mayor número de lactancias, las vacas tardarán menos tiempo en llegar al pico de los resultados, ya que las medias de la lactancia 2 y 3 son las que poseen los valores más bajos (Cuadro 4).

Cuadro 3: Análisis de varianza para días al pico de lactancia

Sexo de la cría		Número de lactancia			Significancia		
M	H	1	2	3	Sexo	Lactancia	S*L
81.52 ^a	80.64 ^a	72.86 ^a	72.96 ^b	97.42 ^b	0.9399	<0.0001	0.0844

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro 4: Relación entre días al pico de lactancia con el sexo fetal y la paridad.

Lactancia	Sexo de la cría	Medias (días)	Niveles	
1.00	M	100	A	
1.00	H	95	A	B
3.00	H	77	B	C
2.00	M	77	B	C
2.00	H	69	C	
3.00	M	68	C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Piedra *et al.* (2012), demostraron que al mantener un correcto manejo nutricional pre-parto, una condición corporal de 2.5 a 3.0 repercutirá a que el pico de lactancia se exprese entre los 30x a 50 días post-parto.

González (2018), menciona que la primera parte de la lactancia se caracteriza por el incremento en la producción hasta alcanzar un pico alrededor de la séptima semana post parto (49 días). Después del parto hay un aumento rápido de rendimiento de leche en las vacas debido a la mayor actividad del epitelio alveolar que alcanza su máximo a las dos a

seis semanas, luego disminuye gradualmente.

Producción al pico de lactancia

La producción al pico de lactancia no se vio influenciada por el sexo de la cría. No existiendo, significancia estadística en la interacción entre las variables de sexo en la cría y número de lactancia (Cuadro 5). Por el contrario, la relación entre la producción al pico de lactancia y el número de lactancia es estadísticamente significativa, ya que el valor “p” es menor a 0.05.

Cuadro 5: Análisis de varianza para producción al pico de lactancia.

Sexo de la cría		Número de lactancia			Significancia		
M	H	1	2	3	Sexo	Lactancia	S*L
29.55 ^a	29.25 ^a	25.95 ^c	29.96 ^b	32.30 ^a	0.4695	<0.0001	0.6793

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

A mayor número de partos, la producción al pico de lactancia se incrementa independientemente al sexo de la cría producida (Cuadro 6). Las vacas en tercera lactancia tuvieron un mayor desempeño productivo al pico de producción que las de la segunda lactancia,

el grupo en primera lactancia es el que menor rendimiento registra, independientemente del sexo de la cría y es el que está más alejado al promedio general del resto de los grupos.

Cuadro 6: Producción láctea (kg/mes) al pico de lactancia para las 3 paridades y sexo fetal.

Lactancia	Sexo de la cría	Medias (kg)	Niveles	
3	H	32.40	A	
3	M	32.19	A	B
2	M	30.23	B	C
2	H	29.69	C	
1	M	26.24	D	
1	H	25.67	D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Según Gasque (2008), las vacas primerizas tienden a dar curvas más chatas, ya que el pico de lactación es 25% menor que el de las vacas adultas. Las vacas adultas, aunque alcanzan mayores picos, no muestran gran persistencia después de este.

Un estudio realizado en Canadá describe la asociación de la paridad con los cambios de comportamiento

durante el período de transición (pre y pos-parto). Las vacas lecheras primíparas y multíparas sanas diferían en el comportamiento de alimentación, social y exploratorio en los comederos, ya que las vacas primíparas tenían una tasa de alimentación más baja, ocasionando una menor producción láctea (Neave *et al.* 2017).

Las vacas de primer parto por ser una categoría que está en crecimiento, presentan requerimientos adicionales al resto del rodeo. Esto podría exacerbar el balance energético negativo (BEN) que se produce normalmente en el período de transición (tres semanas antes y tres después del parto), dejando menor cantidad de nutrientes para la producción de leche y/o la reproducción (Morales *et al.* 2016).

Varios factores pueden influir en la tasa de alimentación, incluida una mayor motivación para alimentarse y una mayor presión social en los comederos, además, las vacas multíparas con su mayor tamaño corporal (lo que resulta en un mayor peso corporal) y las demandas de lactancia requieren más alimento, lo que probablemente contribuye a una mayor tasa de alimentación (Nielsen *et al.* 1996).

Cañas *et al.* (2009), determinaron que a medida aumentan los partos, aumenta la producción inicial de leche y la producción al pico de lactancia, ya que entre los partos 1 y 2, se destaca el segundo por presentar altas producciones hasta llegar al pico de la curva de lactancia, pero, posteriormente presenta un descenso marcado en la producción equiparándose con hembras de primer parto, así mismo Vaccaro *et*

al. 1998, señalan que vacas de primer parto tienen un 12% menos en producción de leche, comparada con la producción de hembras multíparas.

Duración de la lactancia

La duración de la lactancia se vio influenciada únicamente por el número de lactancia ($p < 0.005$), y para las variables sexo de la cría y su interacción con el número de lactancia, no se obtuvo significancia estadística, ya que el “p” valor fue mayor a 0.05 (Cuadro 7).

Aunque en el presente estudio no existió influencia del sexo de la cría sobre la duración de la lactancia, Hess *et al.* (2016), encontraron que hay un efecto entre la duración de la lactancia en donde el nacimiento fue una ternera, dando como resultado una lactancia entre 1.1 y 3.2 días más que si el ternero fuera macho.

Contrario a lo antes mencionado, Freitas *et al.* (2016), reportaron que la duración del período de lactancia no fue influenciada por el sexo del ternero ($P = 0.9519$), igualmente, Hinde *et al.* (2014), indicó que no encontraron efecto significativo en la duración de la lactancia para terneros machos y hembras, ya sea en Holstein Friesians ($p = 0,84$) o en Jerseys ($p = 0,39$).

Cuadro 7: Análisis de varianza para duración de la lactancia

Sexo de la cría		Número de lactancia			Significancia		
M	H	1	2	3	Sexo	Lactancia	S*L
398.44 ^a	380.57 ^a	375.07 ^b	382.66 ^b	410.79 ^a	0.0601	<0.0055	0.0560

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La tercera lactancia con crías hembra es la que presentó un mayor número de días en lactancia, por lo que a mayor número de partos, el ciclo de lactancia se extiende. Tanto los animales de primera y segunda lactancia se comportaron de manera similar, teniendo diferencias de hasta 42 días (Cuadro 8). El promedio de días de lactancia es de 390 días, valor muy alto si se toma en consideración que los días de lactación para vacunos productores de leche se estima alrededor de 305 días (Piedra *et al.* 2012).

Carvajal *et al.* (2000) al analizar el efecto del número de parto en la duración de la lactancia, encontró que la lactación más corta se obtuvo con el parto seis y la más larga con el parto cuatro con medias de 253.7 y 307.9 días de lactación, respectivamente.

Igualmente, Pérez *et al.* (2007), determinaron que las vacas con 6 o más partos tuvieron las lactancias más cortas y produjeron menos leche a los 305 días. Esto muestra que a medida que un animal tiene

mayor número de lactancias, estas van aumentando su duración para luego ir decreciendo a partir de la

sexta lactancia.

Cuadro 8: Efecto del sexo de la cría y la paridad sobre la duración de la lactancia.

Lactancia	Sexo de la cría	Medias (días)	Niveles
3	H	418	A
3	M	404	A B
2	M	400	A B
1	M	392	A B
2	H	365	B
1	H	358	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Producción a los 305 días

Se encontró efecto significativo entre la producción a 305 días y el número de lactancia (cuadro 9). Es decir que a medida aumentó el número de lactancia, mayor fue la producción láctea. Similar a las variables anteriormente mencionadas no hubo interacción entre la producción láctea y el sexo de la cría.

Sin embargo, hallazgos reportados por Hinde *et al.* (2014), reflejaron que las vacas de primera paridad que dieron a luz a una ternera, produjeron $142 \pm 5,4$ kg más de leche durante el período de lactancia de 305 días que las que dieron a luz a un ternero ($7,612$ vs. $7,470 \pm 69$ kg, $p < 0,001$); también observaron efectos similares, aunque ligeramente más pequeños, en las paridades 2-5.

De igual manera Beavers y Van Doormaal (2014), comprobaron que la producción de leche a 305 días fue más alta en cada lactancia luego de un parto que

resultó en una cría hembra en comparación con un macho. El rendimiento de la lactancia después del nacimiento de una ternera fue de 60-70 kg más altos para los dos primeros partos y poco más de 100 kg para los partos posteriores.

Las vacas de segunda y tercera lactancia tuvieron un mayor rendimiento productivo a los 305 días con una media que oscila entre los 6874 a 7420 kilogramos (Cuadro 10). Siendo el grupo en primera lactancia el que produjo menor cantidad de leche indistintamente del sexo de la cría (Figura 2).

Pereira *et al.* 2010, reportaron que la producción acumulada de leche, corregida a 305 días de lactancia resultó afectada por la paridad, ya que las vacas de tercera lactancia produjeron más leche que las de segunda lactancia. El efecto de la paridad se observó en la producción de leche a 305 días, presentando los animales de tercera lactancia mayores producciones.

Cuadro 9: Análisis de varianza para producción a los 305 días.

Sexo de la cría		Número de lactancia			Significancia		
M	H	1	2	3	Sexo	Lactancia	S*L
7017.17 ^a	6859.48 ^a	6435.32 ^c	6996.36 ^b	7383.30 ^a	0.1425	<0.0001	0.3022

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro 10: Producción láctea acumulada (kg) a los 305 días para lactancia y sexo fetal.

Lactancia	Sexo de la cría	Medias (kg)	Niveles	
3	H	7420.60	A	
3	M	7345.99	A	B
2	M	7118.34	A	B
2	H	6874.38	B	C
1	M	6587.17	C	D
1	H	6283.47	D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

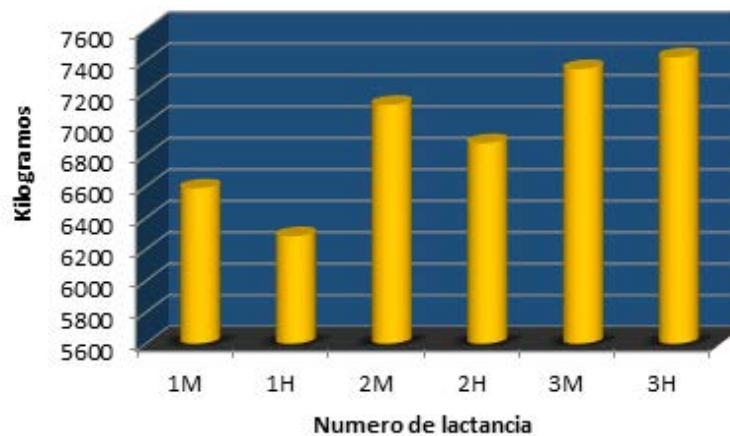


Figura 2: Producción acumulada a los 305 días por lactancia y sexo fetal.

Velázquez y Hernández (2008), evaluaron la eficiencia productiva y reproductiva de vaquillas Holstein, la producción total de leche se incrementó al pasar de la 1ra (7897.68 kg) a la segunda lactancia (8463.82 kg), siendo altamente significativo. Un factor reproductivo que interviene en la producción láctea son los días abiertos, por que a mayor cantidad de días abiertos se obtuvo mayor producción por lactancia, pero fue menor el promedio diario de leche por vaca; lo cual demuestra que a menos días abiertos menos es la producción por lactancia y mayor el promedio de leche cada día.

Un estudio realizado por Perea *et al.* (2008), demostraron que la causa principal de la baja eficiencia productiva en las vacas primíparas, se debe a que éstas paren con menor peso que las vacas adultas debido a que su organismo está sometido a diversas exigencias metabólicas, ya que estas hembras

necesitan mayor cantidad de alimento para cubrir sus necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción de leche, los requerimientos de muchos nutrientes se duplican o triplican de un momento a otro y esos requerimientos también variarán de acuerdo al potencial genético del animal y a la fase que se encuentre dentro de la curva de lactancia, principalmente durante los primeros meses de lactancia, estas hembras experimentan un balance energético negativo y disminución de la condición corporal.

Persistencia

La persistencia se vio influenciada por el número de lactancias, ya que el “p” valor fue menor a 0.05. No se encontró diferencia significativa con las variables sexo de la cría y la interacción número de lactancia (Cuadro 11).

Cuadro 11: Análisis de varianza para la persistencia.

Sexo de la cría		Número de lactancia			Significancia		
M	H	1	2	3	Sexo	Lactancia	S*L
91.91 ^a	91.85 ^a	93.59 ^a	90.91 ^b	91.15 ^b	0.8276	<0.0001	0.1052

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Caso contrario a las variables anteriormente analizadas, el grupo de vacas en primera lactancia son las que mayor persistencia mostraron. El grupo

de segunda y tercera lactancia se comportó similar entre ellas, pero con menor habilidad de mantener la producción en el tiempo (Cuadro 12 y Figura 3).

Cuadro 12: Persistencia de la producción láctea (%) en función de la lactancia y sexo fetal.

Lactancia	Sexo de la cría	Medias (%)	Niveles
1	M	93.65	A
1	H	93.53	A B
3	H	91.50	B
2	M	91.30	B
3	M	90.79	B
2	H	90.52	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

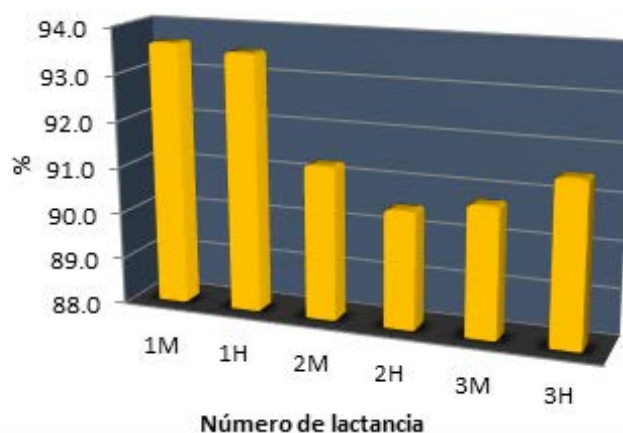


Figura 3: Persistencia de la producción láctea por lactancia y sexo fetal.

Las observaciones del presente estudio, se asemejan a los resultados obtenidos en una investigación realizada por Osorio y Segura (2005), quienes obtuvieron una mayor persistencia en vacas de primer parto (78,7%) y una menor persistencia para el conjunto de vacas de segundo, tercer y cuarto parto (76,8%); esto indica que las vacas que iniciaron con

bajas producciones (primíparas) tuvieron pendientes positivas más pronunciadas que aquéllas que iniciaron con niveles mayores (múltiparas) de producción. Un factor importante que influye en la persistencia es la condición nutricional de los animales, por tanto, si se tiene un adecuado manejo de la alimentación, se logrará que la curva de lactancia sea mayor.

Bretschneider *et al.* (2015), registraron que para conocer el impacto en la forma de la curva de lactancia sobre la producción total de leche, se modelizaron dos curvas de producción para una vaca lechera que estuvo expuesta a dos manejos nutricionales distintos a partir del parto, en este sentido, el ejemplo representa la importancia de la división del rodeo, según sus requerimientos nutricionales, para la asignación eficiente del balanceado. Para un escenario, la suplementación se basó en los requerimientos promedio del rodeo y, consecuentemente, todas las vacas recibieron diariamente la misma dosis de balanceado (menor persistencia); para el otro escenario, la suplementación se basa en los requerimientos individuales, por tanto, cada vaca recibe diariamente una dosis definida de balanceado según sus necesidades nutricionales (mayor persistencia).

El mayor porcentaje de persistencia en vacas primerizas podría deberse a que existe una alta correlación entre los días abiertos y la producción de leche por lactancia, estas tienden a ser más persistentes, porque poseen una mayor duración

en el pico de producción, comparado a los animales adultos y se ven menos afectadas por los días abiertos (Estrada y Olivera 1998).

Análisis de varianza multivariado

El análisis de la varianza, mostró que en alguno de los grupos existe diferencia estadística significativa ($p=0.0007$). Al realizar la Prueba de Hotelling (Cuadro 13), para identificar qué grupo muestra diferencias estadísticas, se obtuvo que los grupos MMM, HMM, HHH y MHH, (AB) poseen medias similares; los grupos MMH, HMH y MHM, (B) se comportan similarmente entre ellos, pero tienen medias diferentes a los grupos con los valores (AB).

La combinación HHM es el único grupo que se comportó de manera significativa que el resto, lo que indica que si hay una interacción entre el sexo de las crías producidas en las 3 lactancias y las variables productivas; para la producción promedio diaria, producción al pico de lactancia y producción a los 305 días, se obtuvieron promedios bajos con respecto a las demás combinaciones (Figura 4).

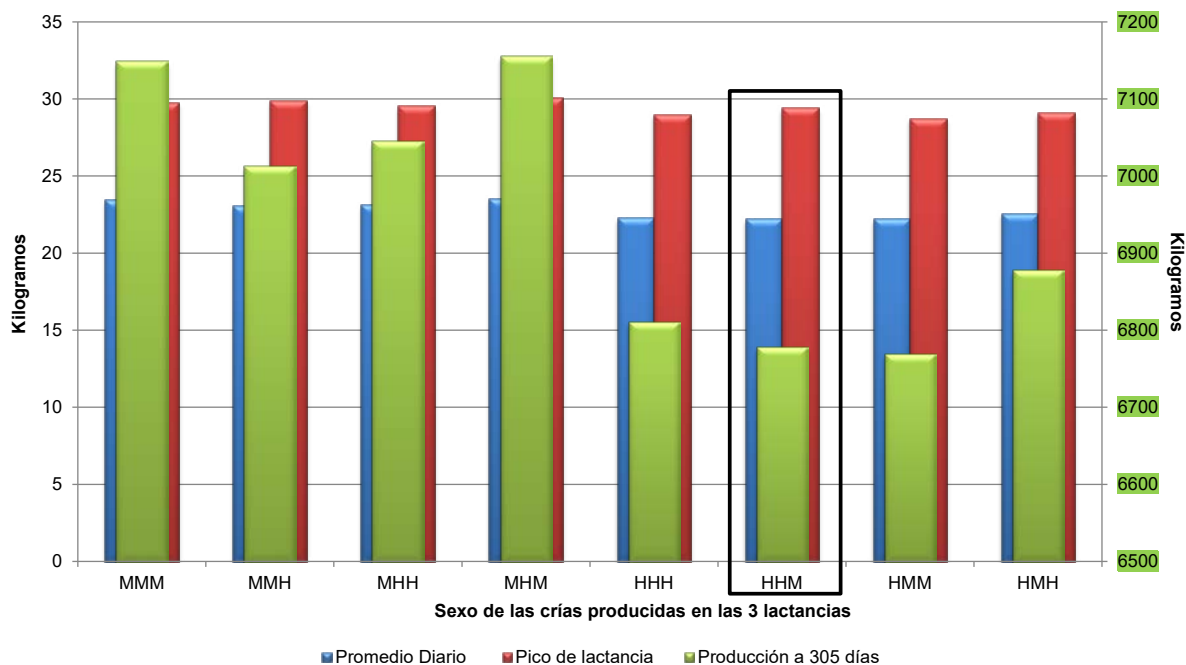


Figura 4: Producción láctea para los grupos de las 3 lactancias según sexo fetal.

En el caso de los días al pico de producción es el que tuvo el valor más bajo, siendo esto bueno porque alcanzó el pico de lactancia en un periodo más corto,

sin embargo, también fue el que obtuvo la menor duración de la lactancia y la menor persistencia.

Cuadro 13: Medias de variables productivas según sexo fetal en las 3 lactancias.

GRUPO	PPVD (kg)	DAP	PAPL (kg)	DLV	PT (kg)	P (%)	N	Valores
MMM	23.45	83	29.77	394	7149.05	92.18	66	A B
HMM	22.22	77	28.74	403	6769.14	92.07	87	A B
HHH	22.28	82	28.98	391	6810.70	92.20	60	A B
MHH	23.14	81	29.54	378	7045.14	91.92	57	A B
HHM	22.21	75	29.43	345	6778.35	90.74	75	A
MMH	23.04	84	29.89	412	7012.65	91.52	78	B
HMH	22.58	90	29.07	390	6878.35	92.37	84	B
MHM	23.54	75	30.04	402	7155.57	92.20	63	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Hinde *et al.* (2014), determinaron que el sexo fetal en la primera paridad tuvo efectos persistentes en la producción de leche durante la segunda lactancia. Las vacas que produjeron un macho en su primera paridad tuvieron menor producción de leche en su siguiente lactancia, el mismo efecto mostraron si también gestaron un macho en la segunda lactancia. Sin embargo, las vacas que en su primer parto tuvieron una cría hembra, produjeron un aumento de leche significativo en su posterior lactancia ($P < 0,001$).

Barreto y Pardo (2016), encontraron que la mayor producción se presentó en las vacas cuyas crías en los primeros dos partos fueron hembras, seguida por las vacas que tuvieron crías hembra y macho en el primer y segundo parto, respectivamente.

En cambio, Graesboll *et al.* (2015), mostraron que las vacas producían mayores volúmenes de leche si tenían un ternero en comparación con una ternera. Encontraron una producción de leche significativamente mayor de 0.28% en el primer período de lactancia para las vacas que dan a luz a un ternero. Esta diferencia fue aún mayor cuando las vacas parieron a otro ternero, por lo que tener dos terneros dio lugar a una diferencia de 0.52% en la producción de leche.

Aunque en el presente estudio no existió significancia estadística para las combinaciones donde nacieron machos en la primera lactancia (MMM, MMH, MHM, MHH) con el desempeño productivo, si se evidencia una mayor producción láctea, siendo más evidente la producción acumulada a los 305 días, con un promedio (7090.60 kg) comparado a los grupos donde en la primera lactancia se produjeron crías hembra (6809.135 kg), esto refleja un comportamiento similar al reportado por Graesboll *et al.* 2015.

CONCLUSIONES

Al comparar lactancias individuales no se encontró influencia alguna del sexo fetal de las crías en el desempeño productivo de los animales estudiados, tanto para las vacas primíparas como múltiparas.

Al evaluar combinaciones de animales que en sus tres lactancias parieron crías hembra, hembra y macho (HHM), se encontró que los parámetros productivos se vieron influenciados por el sexo de la cría gestada, pero de manera negativa ya que sus rendimientos productivos descendieron.

Todos los parámetros productivos se vieron influenciados por el número de lactancias, es decir, que las vacas múltiparas tienen un desempeño

productivo mayor que las primerizas.

Las vacas múltiparas lograron llegar al pico de lactancia en un periodo de tiempo más corto, sin embargo, no lograron mantener una producción similar al final de la lactancia, teniendo menor persistencia que las vacas primíparas.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida Castro, AP. 2012. Producción bovinos de leche (en línea) Tandil, Argentina. Consultado 16 set. 2017. Disponible en <http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/IntroduccionProduccionAgropecuaria/images/Documentos/2012/Produccion.pdf>
- Barreto Arciniegas, CD; Pardo Barón, DA. 2016. Estudio retrospectivo de la influencia del sexo del feto en el volumen de producción de vacas lecheras de la raza Holstein en el municipio de San Pedro De Los Milagros, Antioquia, Colombia (en línea). 62 p. Consultado 15 oct. 2017. Disponible en http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18212/14081113_2015.pdf?sequence=1
- Beavers, L; Van Doormaal, B. 2014. Is Sex-Biased Milk Production a Real Thing? (en línea). Canada, Canadian Dairy Network. Consultado 20 set. 2017. Disponible en <http://www.cdn.ca/document.php?id=348>
- Bretchneider, G; Salado, E; Cuatrín, A; Arias, D. 2015. Lactancia: Pico y Persistencia ¿Por qué cuidarlos? (en línea). INTA. Santa Fe. Argentina. Consultado 10 set. 2017 Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lactancia_pico_y_persistencia_febrero_2015.pdf
- Caballa León, RR. 2012. Producción de ganado vacuno lechero (en línea). Perú. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/05/018-e-ganado.pdf>
- Cañas, JJ; Restrepo, LF; Ochoa, J; Echeverri, A; Cerón Muñoz, M. 2009. Estimación de las curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein en trópico alto Colombiano. *Revista Lasallista de Investigación*, 6(1):35-42.
- Carvajal Hernández, M; Valencia Heredia, ER; Segura Correa, JC. 2000. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Revista Biomed.* 13(1):25-31.
- Castro Ramírez, A. 2002. Ganadería de leche enfoque empresarial. San José, Costa Rica; EUNED. 1 ed. 289 p. ISBN 9968-31-244-4
- EstradaLópez,L;Olivera Ángel,M.1998?Biotecnología en reproducción animal:perspectivas en América Latina. Ruiz, ME; Rivera, B; Ruiz, A. (eds.) Bogotá, Colombia. IICA p. 263-300.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Ganado Vacuno (en línea). Consultado 20 set. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/productiondairy-animals/productiondairy-animalscattle/es/>
- Freitas, AP; da Gama, MPM; dos Santos, GFF; Mendonça, GG; Pereira, MA; Vercesi Filho, AE; de Paz, CCP; Zadra, LEF. 2016. Influência do sexo do bezerro no desempenho produtivo de vacas leiteiras (en línea). Londrina, Brasil. 37(4):2549-2556. Consultado 13abr.2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/4457/445746893025.pdf>
- Gasque, R. 2008. Reproducción Bovina. México. 1 ed. p. 391-413.
- González K. 2018. La ubre o glándula mamaria de la vaca. Argentina. *Revista Veterinaria Argentina*.
- Graesboll, K; Kirkeby, C; Nielsen, SS; Engbo LC. 2015. Danish Holsteins Favor Bull Offspring: Biased Milk Production as a Function of Fetal Sex, and Calving Difficulty (en línea). Denmark. Consultado 25 mar. 2019 Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0124051>
- Hinde K; Carpenter AJ; Clay JS; Bradford BJ. 2014. Holsteins Favor Heifers, Not Bulls: Biased Milk Production Programmed during Pregnancy as a Function of Fetal Sex (en línea). Estados Unidos de América. *PLOS ONE* 9(2): e86169. Consultado 15 ago. 2017. Disponible en doi:10.1371/journal.pone.0086169

- Hess, MK; Hess, AS; Garrik, DJ. 2016. The effect of calf gender on milk production in seasonal calving cows and its impact on genetic evaluations (en línea). New Zealand. Cameron, EZ (ed.). Consultado 5 ene. 2019. Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0151236>
- Lemus Ramírez, V; Guevara Escobar, A; García Muñiz, JG. 2008. Curva de lactancia y cambio en el peso corporal de vacas Holstein-Fresian en pastoreo. México. *Revista Agrociencia* 42(7).
- Meikle, A; Kulcsar, M; Chilliard, Y; Febel, H; Delavaud, C; Cavestany, D; Chilbroste, P. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow (en línea). Paysandú, Uruguay. Consultado 15 ene. 2019 Disponible en <https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/127/6/1270727.xml>
- Morales, T; Mendoza, A; Pla, M; Ferreira, L; Fariña, S. 2016. ¿las vacas de primer parto tienen anestro más largo? (en línea). INIA. 46. Consultado: 12 sep. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6129/1/Revista-INIA-Uruguay-n.-46.-p.-6-8.-2016.pdf>
- Neave, HW; Lomb J; von Keyserlingk, MAG; Behnam-Shabahang A; Weary, DM. 2017. Parity differences in the behavior of transition dairy cows. Canada. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10987>
- Nielsen, BL; Lawrence, AB; Whittemore CT. 1996. Feeding behaviour of growing pigs using single or multi-space feeders. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 47(1996), pp.235-246
- Osorio Arce, MM; Segura Correa, JC. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. *Técnica Pecuaria*, 43(1):127-137.
- Perea Ganchou, F; Palomares Naveda, R; De Ondiz, A; Hernández Fonseca, H; Díaz, D; González, R; Portillo, G; Soto Bellozo, E. 2008. Factores que afectan la respuesta reproductiva de vacas mestizas en anestro tratadas con un progestágeno intravaginal o con destete temporal por 120 horas (en línea). Trujillo, Venezuela. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal* 17(1):43-54. Consultado 15 ene. 2019. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?la09007>
- Pereira, I; Laborde, D; Carriquiry, M; López Villalobos, N; Meikle, A. 2010. Productive and reproductive performance of Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Fresian cows in a predominantly pasture-based System (en línea). Uruguay. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 70:306-310. Consultado 15 de ene. 2019 Disponible en <http://www.spluy.com/documentos/articulos/biotipo/5.pdf>
- Pérez, LP; Anrique, RG; González, HV. 2007. Factores no genéticos que afectan la producción y composición de la leche en un rebaño de pariciones biestacionales en la décima región de Los Lagos, Chile (en línea). *Agricultura Técnica*, 67(1):39-48. Consultado 17 de abr. 2019 Disponible en http://www.chileanjar.cl/files/V6711A05_es.pdf
- Piccardi, MB. 2014. Indicadores de eficiencia productiva y reproductiva en rodeos lecheros (en línea). Córdoba, Argentina. Tesis. 62 p. Consultado 09 ago. 2017. Disponible en <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1517/Piccardi%202%20Indicadores%20TESIS,%20M.%20Piccardi..pdf?sequence=2>
- Piedra Flores, J; Tapia Acosta, EA; López Salvo, NL. 2012. Determinación del comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera de ganado Holstein y Brown Swiss en el valle de Cajamarca - Perú (en línea). Perú. *Infolactea*. Consultado 15 abr. 2019. Disponible en http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/03/Determinacion_curva_tapia.pdf
- Saavedra, MJ. 2014. Sector lácteo busca reconvertirse (en línea). *El Economista*. El Salvador. Consultado 18 nov. 2017 Disponible en <http://www.economista.net/2014/08/18/es-sector-lacteo-busca-reconvertirse>
- Tarazona Loaiza, G; Vargas Cifuentes, HF. 1992. Lactoinducción hormonal en novillas y vacas

infértiles en el piedemonte llanero (en línea). Villavicencio, Colombia. ZOE Tecno-Campo. Consultado 1 set. 2017. Disponible en <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/lactoinduccion/lactoinduccion3.htm>

Vaccaro, R; D'enjoy G; Sabaté C. 1999. Curvas de lactancia de vacas Carora y cruzadas Holstein Friesian x Brahman (en línea). Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias 40(1):37-44. Consultado 8 mar. 2019. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-de-la-facultad-de-ciencias-veterinarias-universidad-central-de-venezuela/articulo/curvas-de-lactancia-de-vacas-carora-y-cruzadas-holstein-friesian-x-brahman>

Velázquez Martínez, M; Hernández Salgado JR. 2008. Evaluación de la eficiencia productiva y reproductiva de vaquillas Holstein friesian importadas a la Comarca Lagunera (en línea). México. Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas, 7(1):91-105 Consultado 15 ene. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545066012>



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Evaluación del proceso de elaboración de queso fresco con dos tipos de leche y su incidencia en parámetros productivos y calidad en la Asociación de Productores Agropecuarios de Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador

Evaluation of the process of making fresh cheese with two types of milk and its incidence on production parameters and quality in the Association of Agricultural Producers of Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador

Centeno-Pérez, C.A¹; Morán-Crespín, E.M¹; Rodríguez-Romero, B.E¹; Torres de Ortiz, B.E¹; Palacios, D.J²

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la planta procesadora de lácteos de la Asociación de Productores Agropecuarios de Nueva Concepción (APANC de R.L.), ubicada en el Municipio de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango, El Salvador. En el período de octubre 2018 a marzo del 2019. Evaluándose el proceso de elaboración de queso fresco con dos tipos de leche y su incidencia en parámetros productivos y de calidad. Para el análisis de los resultados se necesitaron un total de 72 muestras de leche; 36 del sistema de producción convencional y 36 del sistema de producción agroecológica. A todas las muestras se les realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos. Durante el procesamiento del queso fresco se llenó una hoja de control para la línea de producción con leche convencional y agroecológica. Se registraron parámetros de producción según cada etapa del proceso. Al producto final (queso fresco) se le realizó análisis nutricional, microbiológico y de productividad. El análisis de los datos fue efectuado según el control estadístico de la calidad, mediante cartas de control como herramienta para el registro del proceso de producción de queso. Se tomó la media obtenida como referencia para comparar y verificar si cumplía con los parámetros de calidad según la Normativa Salvadoreña Oficial NSO 67.01.04:05 para quesos no madurados. Asimismo, los valores establecidos por la FAO y las tablas del INCAP. Se aplicó una prueba "T" para determinar si hay una diferencia significativa de la variable de productividad en la elaboración de queso fresco. Los análisis obtenidos demuestran que las variables químicas de la leche producida bajo un sistema de producción convencional se comportaron bajo control. Mientras que las variables microbiológicas la leche convencional presentaron menor cantidad de microorganismos mesófilos. No obstante, ambas leches se encontraron bajo control. Se constató que la leche agroecológica presenta mejor productividad en comparación a la leche convencional, aunque esta diferencia no es significativa estadísticamente ($p > 0.05$). Se concluye que la productividad de los dos tipos de leches es similar.

- 1 Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. c-ristian93@hotmail.com; moranues93@hotmail.com; edenilson31@hotmail.com; blanca.bermudes@ues.edu.sv
- 2 Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. adejota@gmail.com

Palabras clave: Calidad del queso, análisis físico-químicos de la leche, sistema de producción convencional, sistema de producción agroecológica.

ABSTRACT

The research was developed at the dairy processing plant of the Association of Agricultural Producers of Nueva Concepción (APANC de R.L.), located in the Municipality of Nueva Concepción, department of Chalatenango, El Salvador. In the period from October 2018 to March 2019. Evaluating the process of making fresh cheese with two types of milk and its impact on production and quality parameters. For the analysis of the results, a total of 72 milk samples were needed; 36 from the conventional production system and 36 from the agroecological production system. Physicochemical and microbiological analyzes were performed on all samples. During the processing of the fresh cheese, a control sheet for the production line was filled with conventional and agroecological milk. Production parameters were recorded according to each stage of the process. The final product (fresh cheese) underwent nutritional, microbiological and productivity analysis. The data analysis was carried out according to the statistical quality control, using control charts as a tool for recording the cheese production process. The average obtained was taken as a reference to compare and verify if it met the quality parameters according to the Official Salvadoran Standard NSO 67.01.04: 05 for unripened cheeses. Likewise, the values established by FAO and INCAP tables. A "T" test was applied to determine if there is a significant difference in the productivity variable in the production of fresh cheese. The analyzes obtained show that the chemical variables of the milk produced under a conventional production system behaved under control. While the microbiological variables, conventional milk has the least number of mesophilic microorganisms. However, both milks were under control. Agroecological milk was found to have better productivity compared to conventional milk, although this difference is not statistically significant ($p>0.05$). It is concluded that the productivity of the two types of milk is similar.

Keywords: Quality of cheese, physical chemical analysis of milk, conventional production system, agro ecological production system.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, la producción de leche es una de las principales actividades económicas; durante el año 2011, el rubro de la ganadería aportó un 17.7% al PIB agropecuario, equivalente a un 2.15% de aporte al PIB nacional. La producción está concentrada en los departamentos de la Unión, San Miguel y Chalatenango, y es destinada principalmente al procesamiento de derivados lácteos, venta directa al consumidor y consumo propio (MAG s.f).

Los procesos de producción pueden considerarse agroecológicos por la alimentación y el mínimo uso de fertilizantes y plaguicidas, lo que significa producir leche de bovinos a base de pastos (gramíneas) en lo posible nativas, con el aprovechamiento de otros forrajes verdes como leguminosas, el follaje de plantas arbustivas o árboles comestibles por el ganado, maximizando así el aprovechamiento de los recursos naturales renovables; pero sin deforestar ni degradar la vegetación y los suelos usados para este

propósito, más bien, protegiéndoles y restituyéndoles (Franco 2012).

La leche posee una composición equilibrada de nutrientes, tanto en azúcares, grasas y proteínas, como en micronutrientes minerales, vitamínicos y aminoácidos. Para los países en desarrollo, la importancia de la interacción en el aspecto nutricional reside en el consumo per cápita de leche fluida y derivados, cuyo valor igual a los 78.9 kg al año, incidiendo en la seguridad alimentaria de las familias salvadoreñas (FAO 2015).

La leche de vaca y sus derivados son alimentos básicos para la nutrición humana, por el alto valor nutricional y proteico que aportan, pero a su vez constituyen un producto inestable y perecible que se altera rápidamente, razón por la cual está sujeta a una fuerte reglamentación y control, ya que sus características fisicoquímicas (grasa, acidez, reductasa y densidad), y su pH de 6.6 - 6.8 la vuelven ideal para su contaminación, desarrollo bacteriano y vehículo

de transporte de cualquier tipo de enfermedades. Es una sustancia que posee todos los nutrientes necesarios para actuar como un perfecto medio de cultivo microbiológico en los que podemos encontrar microorganismos beneficiosos y bacterias lácticas, algunas son alterantes y otras perjudiciales para la salud tales como *E. coli.*, *Coliformes fecales*, *Coliformes totales*, *S. aureus*, entre otras (Zelaya 2010).

Por lo general los microorganismos patógenos disminuyen el valor nutricional, deteriorándola totalmente, causando mal olor, sabor y color. Esto representa un serio peligro para la salud de las personas. Por esta razón se debe aplicar correctamente las medidas de higiene en todo el proceso de elaboración de quesos, para evitar en lo posible que la leche cruda se contamine con bacterias causantes de enfermedades (Massoc 2008). En tal sentido con esta investigación se pretende comparar dos tipos de leche y determinar cómo influye en la calidad de la materia prima y en el producto final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del estudio

La investigación se realizó en la planta procesadora de lácteos de la Asociación de Productores Agropecuarios de Nueva Concepción (APANC de R.L.), ubicada en la 12 Av. Sur, Barrió el Rosario, Municipio Nueva Concepción, Departamento de Chalatenango, El Salvador. Con las siguientes coordenadas geográficas:

latitud: 14°08 00 N, longitud: 89°18 00 O, altitud: 338 msnm; condiciones climáticas: temperatura: mínima 22°C, máxima 34°C, precipitación 1,700 mm/año. La temporalidad del estudio fue de octubre de 2018 a marzo de 2019.

El estudio se desarrolló partiendo de la comparación de dos tipos de leche de vaca, cuya principal diferencia radica en el sistema de producción utilizado. La primera de ellas es leche producida bajo un sistema convencional en que la alimentación consiste en raciones balanceadas a base de soya y maíz, acompañado de pocas porciones de forraje fresco o ensilado y muy poco pastoreo. El manejo profiláctico, control de parásitos y enfermedades, se establece en su totalidad con insumos veterinarios. La segunda es leche producida en un sistema agroecológico, basada en la utilización óptima de los recursos naturales, sin emplear productos químicos sintéticos, para lograr el cuidado del medio ambiente, basando la alimentación de su ganado en forrajes que incluyen especies vegetales y leguminosas que mejoran las características fermentativas a nivel ruminal, utilización mínima de raciones de concentrado y aporte de minerales. El manejo profiláctico, control de parásitos y enfermedades se realiza con algunos insumos veterinarios que se degradan fácilmente en el medio ambiente. La comparación de ambas leches se realizó a partir de las características físicas, nutricionales y microbiológicas mostradas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de comparación para ambas leches.

Físicas	Nutricionales	Microbiológicas
Ph	Grasa	Reductasa
Temperatura	Lactosa	<i>Escherichia Coli</i>
Acidez	Proteína	Microorganismos <i>Mesòfilos</i>
	Extracto Seco Magro	
	Minerales	

Posteriormente se evaluó la línea de procesamiento de queso fresco en la cual se determinaron parámetros de productividad, así como la comparación de la

composición nutricional, física y microbiológica del producto elaborado con ambos tipos de leche (Cuadro 2)

Cuadro 2. Variables de comparación e interés para queso fresco.

Físicas	Nutricionales	Microbiológicos	Productividad
Humedad	Grasa	Microorganismos Mesófilos	Rendimiento
Ph	Proteína	<i>Escherichia Coli</i>	
	Ceniza		

Metodología de campo

Para el registro de datos de la materia prima se utilizaron un total de 72 muestras de leche de 50 ml cada una, dividido en dos grupos, 36 muestras provenientes de un sistema de producción convencional y 36 muestras de un sistema agroecológico. Estas fueron tomadas dos veces por semana, durante un período de 18 semanas, durante los meses de octubre de 2018 a marzo de 2019.

Los análisis de la leche (materia prima) se dividió en tres áreas: composición física (pH, temperatura y acidez); composición química o nutricional (grasa, proteína, minerales, lactosa y extracto seco magro); y la composición microbiológica (microorganismos mesofílos, *Escherichia Coli*. y *reductasa*), estos se realizaron en el laboratorio del departamento de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para la comparación de quesos, las variables analizadas fueron las siguientes: características físicas (humedad); composición nutricional (grasa, proteína y ceniza); y composición microbiológica (microorganismos mesofílos (RTM) y *Escherichia coli*).

Las determinaciones de las variables nutricionales del producto se realizaron en dos localidades: laboratorio de Bromatología del departamento de Química Agrícola de la Facultad de Química y Farmacia, UES, aquí se realizó el ensayo de determinación de grasa, humedad y ceniza en queso. Por su parte en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES, se realizó la determinación de proteínas. En el caso de la determinación de *E. Coli* y recuento de mesofílos, se desarrollaron en el laboratorio del Departamento de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas,

UES.

La toma de datos se hizo por medio de una hoja de control, el registro se realizó al momento en el que los operarios iniciaban el proceso de elaboración de queso fresco. Dicha información se clasificó por etapas y se tomaron los datos para ambos tipos de leche. Al terminar los procesos de elaboración, se determinó la productividad, la cual fue cuantificada en kilogramos (kg), luego se tomaron 0.27 kg de muestra de ambos productos para el análisis y determinación de sus características nutricionales y microbiológicas.

Metodología de laboratorio

La determinación de las variables físicas, químicas o nutricionales, microbiológicas y productivas, así como sus unidades y métodos utilizados, se detallan para el Cuadro 3 las variables para la leche (materia prima) y en el Cuadro 4 se encuentran las variables correspondientes al queso fresco.

Metodología estadística

2.4.1. Cartas de control

Las cartas de control se utilizan en la industria para observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo, para poder distinguir las variaciones del proceso y sus posibles causas comunes, para poder decidir las mejores acciones de control y de mejora en el proceso. Esta técnica hace uso de la media aritmética (línea central de la Carta de Control) de los valores semanales de una característica de calidad de interés, la cual fue cotejada con la Norma Salvadoreña Obligatoria para quesos no madurados (NSO 67.01.04:06).

Cuadro 3. Variables de interés para la leche.

Físicas		
Descripción	Unidad	Método
Ph		Potenciométrico
Temperatura	°C	Potenciométrico
Acidez	°D	Volumétrico
Nutricionales		
Descripción	Unidad	Método
Grasa	%	
Proteína	%	
Minerales	%	Multisensorial
Lactosa	%	
Extracto Seco Magro	%	
Microbiológicos		
Descripción	Unidad	Método
Microorganismos Mesófilos	Ufc/MI	Recuento de Microorganismos viables
Reductasa	N° Mo/MI	Azul de metileno
<i>Escherichia Coli</i>	Ufc/MI	Recuento de Microorganismos viables

Cuadro 4. Variables de interés para queso.

Físicas		
Descripción	Unidad De Medida	Método
Humedad	%	Gravimétrico
Ph		Potenciométrico
Nutricionales		
Descripción	Unidad De Medida	Método
Grasa	%	Babcock
Proteína	%	Kjeldhal
Ceniza	%	Gravimétrico
Microbiológicos		
Descripción	Unidad De Medida	Método
Recuento De Mesófilos	Ufc	Siembra En Placa
E. Coli	Ufc	Siembra En Placa
Productividad		
Descripción	Unidad De Medida	Método
Rendimiento	kgs	Gravimétrico

La Figura 1 es elaborada a partir de las siguientes ecuaciones:

$$LSC = \mu w + k\sigma w$$

$$LC = \mu w$$

$$LIC = \mu w - k\sigma w$$

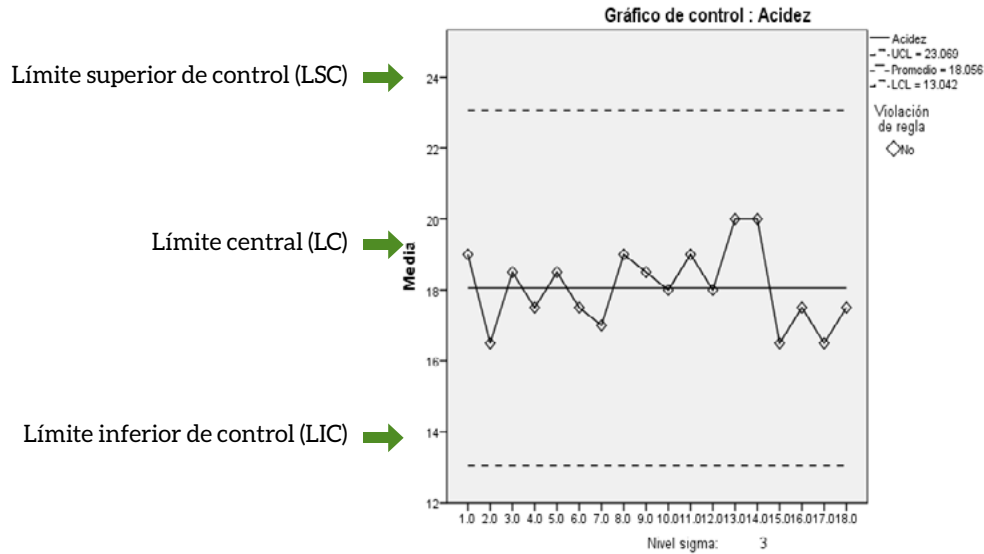


Figura 1. Gráfico representativo para el análisis de las cartas de control con su respectiva variable en estudio

En el eje horizontal se detallan las semanas de muestreos (1-18) y en el vertical se hace referencia a la unidad en la que se expresa cada característica de calidad, para lo cual en este ejemplo, la unidad es grado Dornic (°D).

En la Figura 1, la gráfica se puede dividir en dos partes: la primera es observar la cercanía de cada una de las muestras con respecto a la media del proceso y como confirmatorio tenemos la segunda parte en la que interviene la posición dentro o fuera del área de variación(LSC-LIC),por lo cual, si el valor de la muestra se ubica dentro del área delimitada, se confirma que el proceso está desarrollándose bajo control. En el caso que la muestra se ubique fuera del área de variación, se concluye que el proceso se encuentra fuera de control, por lo que hay que identificar cuáles son las causas de esa variación y aplicar las medidas correctivas necesarias (Interpretación de las cartas de control, 2012).

Prueba de t-Student

La prueba t-Student, se fundamenta en dos premisas; la primera: en la distribución de normalidad, y la segunda: en que las muestras sean independientes. Permittiéndonos comparar muestras, $N \leq 30$ y/o estableciendo la diferencia entre las medias de las muestras(Turcios, 2015).

A través de esta prueba estadística se comparó la cantidad de sólidos totales en ambas leches y permitió corregir estadísticamente, cuál de ellas proporciona mejores rendimientos. A continuación, se presenta el modelo matemático utilizado para el cálculo de “t” calculado:

$$|t| = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

Media Muestral μ_1

Media Poblacional μ_2

Desviación Estándar σ

Tamaño Muestra \sqrt{n}

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico de la leche

Acidez.

Tanto la leche convencional como la agroecológica se encuentran bajo control (Figura 2 y 3), debido a que todos los puntos se encuentran dentro del límite superior e inferior de control, para el caso de la leche

convencional se obtuvo una media de °D=18.056% y para la agroecológica fue de °D=14.80556%.

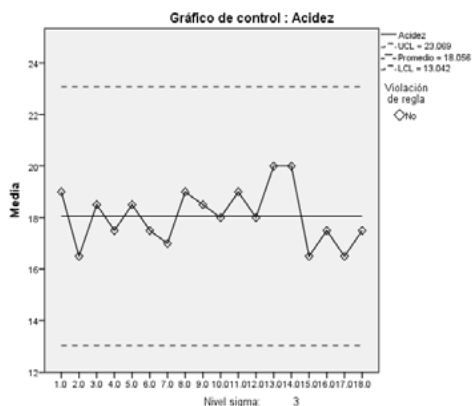


Figura 2. Media del porcentaje de acidez (°D) en la leche convencional.



Figura 3. Media del porcentaje de acidez (°D) en la leche agroecológica.

Según la NSO 67.01.01:06, para leche cruda de vaca, indica que debe tener una acidez=0.14-0.17%, la acidez (°D) promedio de la leche convencional fue 0.18%, por lo tanto, no se encuentra dentro de lo establecido por la norma, uno de los factores que se le puede atribuir el porcentaje de acidez encontrado en la leche es debido a que la cadena de frío no se mantiene en las leches convencionales, haciendo mezclas de leche fría con leche caliente que llega directamente del establo. En el caso de la leche agroecológica, el promedio de pH fue de 0.14%, factores como las buenas prácticas de ordeño higiénico y transporte, respetando la cadena de frío que contribuyen a mantener el grado de acidez dentro de los parámetros establecidos por la norma.

pH

La leche convencional se encuentra bajo control con respecto al porcentaje de pH con un promedio de 6.6017% (Figura 4). Mientras que en la leche agroecológica (Figura 5) se registra en la semana 10 que sobre pasa el límite inferior de control, y las semanas 13,15 y 16 sobre pasan el límite superior de control, por lo tanto, existe una variabilidad fuera de control y se obtuvo un promedio de 6.6964 %.

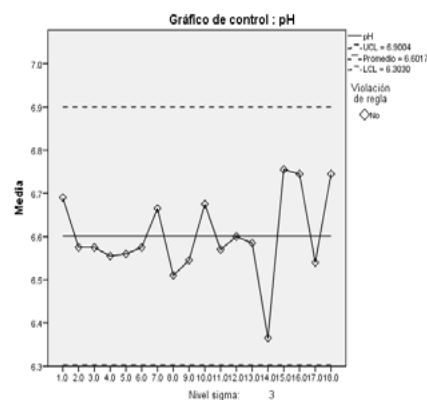


Figura 4. Medias del pH en la leche convencional.

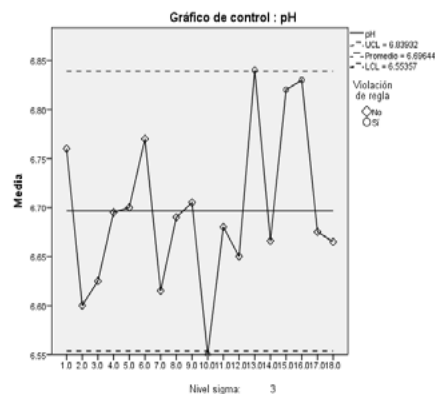


Figura 5. Medias del pH en la leche agroecológica.

Según la NSO 67.01.01:06 para leche cruda de vaca, indica que la leche normal debe tener un pH entre 6.4-6.7, por lo tanto, ambas leches se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma. Según Delgado (2016) el aumento del pH por encima de este valor es un indicador de la alcalinidad a causa de mastitis u otros factores y valores inferiores que indican presencia de calostro o descomposición bacteriana.

Análisis microbiológicos de la leche

Recuento total de mesófilos

La leche agroecológica presenta menor contenido de microorganismos mesófilos con promedio de 176,777 UFC/ml con una variación aproximada entre muestra de 90,000 UFC/ml (Figura 7). Sin embargo, la leche convencional presenta un proceso bajo control debido a que no violenta los límites críticos para ninguna de las muestras (Figura 6).

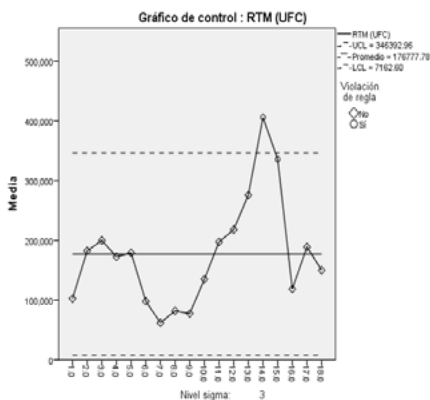


Figura 6. Medias del recuento total de mesófilos de la leche convencional.

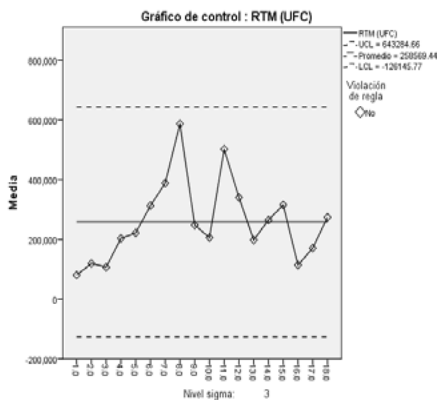


Figura 7. Medias del recuento total de mesófilos de la leche agroecológica.

Según la NSO 67.01.01:06 para leche cruda de vaca, se establece que una leche es grado A, cuando tiene un recuento menor o igual a 300,000 UFC por ml y es grado B cuando tiene mayor de 300,000 UFC y menor o igual de 600,000 UFC por ml de leche. Por lo tanto, de acuerdo al recuento total de mesófilos ejecutado ambas leches son clasificadas como grado A. Uno de

los aspectos que se le puede atribuir a estos resultados es la buena higiene del personal de ordeño, y la manipulación de la leche en el campo. Según Pinzon, (2006) “cuando se habla del tema de cómo determinar la calidad microbiológica de la leche cruda, se trata las diferentes clases de recuentos de bacterias haciendo énfasis en el recuento de bacterias mesófilas aerobias, considerado como la “prueba de oro” para evaluar la calidad higiénica de la leche”.

Prueba de reductasa

En la primera y segunda semana la leche convencional sobrepasa el límite superior de control (Figura 8), para el caso de la leche agroecológica (Figura 9), se observa que en la semana 14 sobrepasa el límite inferior de control, por tanto, ambas leches se encuentran fuera de control.



Figura 8. Medias de la prueba de reductasa de la leche convencional.



Figura 9. Medias de la prueba de reductasa de la leche agroecológica.

Según la NSO 67.01.01:06 la leche se clasifica como grado A cuando la reacción del azul de metileno es de 6

horas o más y grado B cuando es de 4 horas y menos de 6 horas, la leche convencional presenta un promedio 4.41 horas, mientras que la leche agroecológica de 5.86 horas. En este caso ambas leches con clasificadas como grado B, lo que se atribuye a un alto porcentaje de microorganismos presentes en las muestras de algunas semanas en vista a la alta presencia de microorganismos y bacterias lácticas.

Análisis nutricionales de leche

Grasa

Las medias obtenidas en el porcentaje de grasa en la leche convencional (Figura 10), se encuentran bajo control con un promedio igual a 3.7022%, mientras que para la leche agroecológica (Figura 11), podemos observar que no se encuentra bajo control, debido a que en la semana 12 se encuentra fuera del límite superior de control y se obtuvo un promedio de 3.9397%.

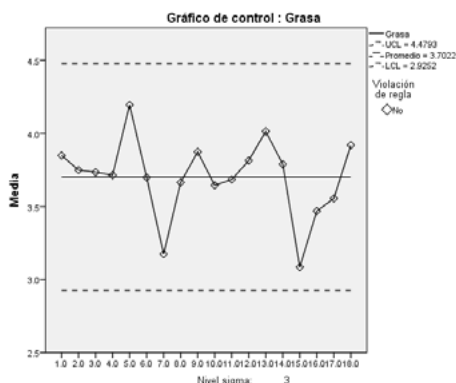


Figura 10. Medias del porcentaje de grasa en leche convencional.

Según la NSO 67.01.01:06 leche cruda, ambas leches cumplen con la norma, entre los factores a los que se le puede atribuir la diferencia del porcentaje de grasa es la alimentación en vista que cualquier explotación ganadera que utilice una formulación de concentrado encaminada a aumentar la producción de leche disminuirá el porcentaje de grasa y los diferentes parámetros nutricionales de la leche, así también una alimentación balanceada a base de forraje y raciones mínimas de concentrado como en el caso de la leche producida de manera agroecológica

incide en la formación de grasa. Según la FAO (2012), indica que las grasas constituyen alrededor del 3 al 4% del contenido sólido de la leche, pero el porcentaje de grasa de la leche de vaca varía según la raza y la alimentación del ganado.

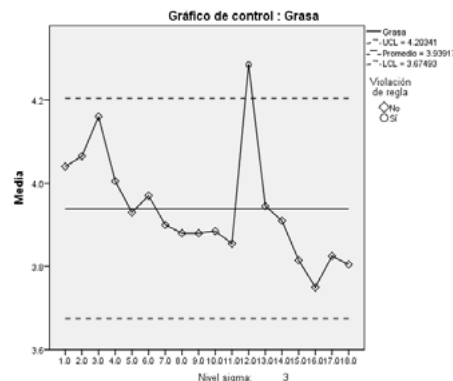


Figura 11. Medias del porcentaje de grasa en leche agroecológica.

Proteína

De acuerdo a los resultados obtenidos del porcentaje de proteína, el comportamiento de las medias para la leche convencional se observa en la Figura 12 que fue bajo control y con un promedio de 3.6964%, para el caso de la leche agroecológica presentó una variabilidad fuera de control para la semana 12 (Figura 13), con un promedio de 3.5047%.

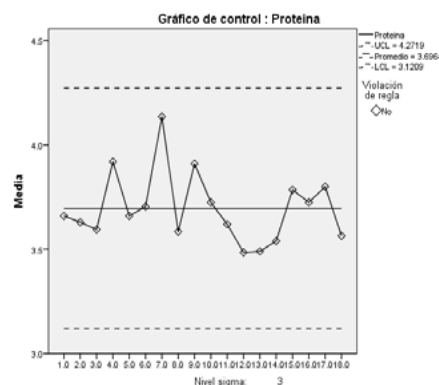


Figura 12. Medias del porcentaje de proteína en leche convencional.

La variación del porcentaje de proteína se le puede atribuir a una alimentación balanceada entre forraje y concentrado que la mayoría de ganaderías convencionales están empleando, pero las dos leches cumplen con el parámetro que establece la NSO

67.01.01:06 leche cruda de vaca que es de 3.2%. Según Bachman (1994), el exceso o deficiencias de fuentes de proteína en la dieta de una vaca, afecta la producción óptima de este nutrimento.

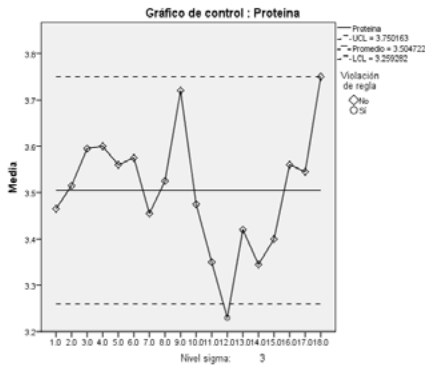


Figura 13. Medias del porcentaje de proteína en leche agroecológica.

Minerales

En la Figura 14 de medias del porcentaje de minerales de leche convencional, se observa que se encuentran bajo control, ya que todos los puntos aparecen entre el límite superior e inferior de control con un promedio de 0.3314%, para el caso de la leche agroecológica (Figura 15), se observa que en las semanas 8, 9 y 10 sobrepasa el límite inferior de control, y los puntos 12 y 14 el límite superior de control, por lo tanto, existe una variabilidad fuera de control con un promedio de 0.25847%.

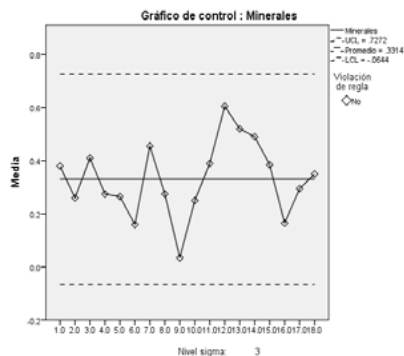


Figura 14. Medias del porcentaje de minerales en leche convencional.

De acuerdo a la NSO 67.01.01:06 de leche cruda, esta debe tener un valor de 0.70% de minerales, lo que indica que las leches no cumplen con lo establecido

por la norma. CARY (1994), afirma que los niveles de minerales y vitaminas en la leche pueden variar de acuerdo al tipo de dieta que son sometidos los animales.

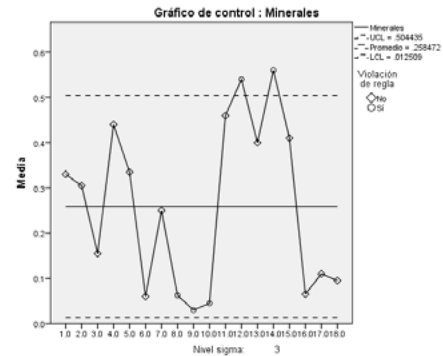


Figura 15. Medias del porcentaje de minerales en leche agroecológica.

Lactosa

La Figura 16 de medias sobre el porcentaje de lactosa en leche convencional, se encuentra bajo control con valor promedio de 5.5750%. En la figura 17 se presentan las medias obtenidas en el análisis de determinación del porcentaje de lactosa de leche agroecológica, esta no se encuentra bajo control, debido que la semana 13 se encuentra fuera del límite superior de control y se obtuvo un promedio de 5.23%.

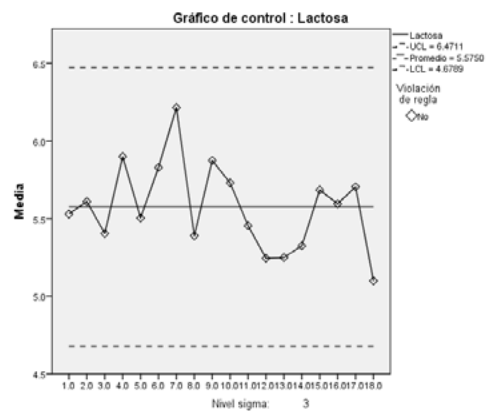


Figura 16. Medias del porcentaje de lactosa en leche convencional.

Según Martínez (2007), la concentración es muy constante, ya que cualquier aumento en la producción de lactosa se traducirá en un aumento del

volumen de leche, el factor que tiene más influencia en el contenido en lactosa de la leche es el consumo de energía. Según la FAO (2012), indica que el porcentaje de lactosa de la leche de vaca debe ser 5% y las dos leches en estudio se encuentran dentro de lo que indica la FAO.



Figura 17. Medias del porcentaje de lactosa en leche agroecológica.

Extracto seco magro (ESM)

En la Figura 18 del porcentaje de extracto seco magro, se encuentra bajo control para el caso de la leche convencional, con un promedio de 9.8808%, para el caso de la leche agroecológica (Figura 19) que se encuentra fuera de control, debido que en las semanas 2 y 11 sobrepasan el límite inferior de control, obteniéndose una media igual a 9.1322%.

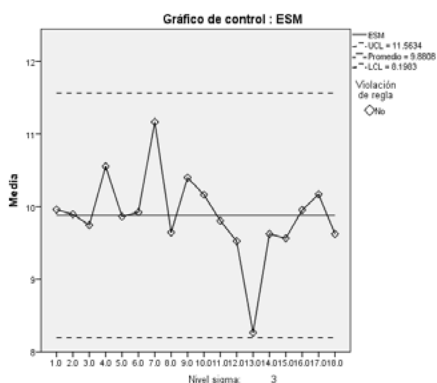


Figura 18. Medias del porcentaje de extracto seco magro en leche convencional.

El extracto seco magro (E.S.M.) de la leche está compuesto por el total de los sólidos menos la materia grasa, según la norma NSO 67.01.01:06 indica que la leche debe contener un porcentaje de 8.5%, por lo

tanto, los resultados de ambas leches, cumplen con lo que indica la norma.

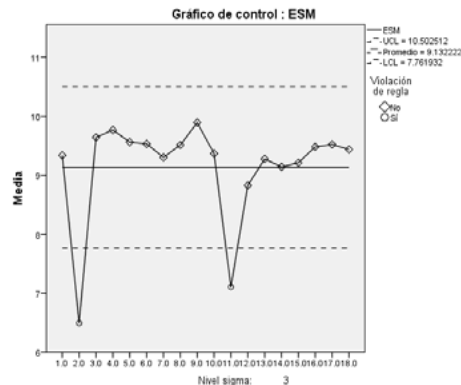


Figura 19. Medias del porcentaje de extracto seco magro en leche agroecológica.

Análisis microbiológicos del queso

Recuento total de mesófilos

En la Figura 20 y 21, observamos el comportamiento de las medias para el recuento total de microorganismos mesófilos bajo la técnica de siembra a profundidad en placa, presentando menor contenido el queso elaborado con leche convencional con un promedio de 213,205 UFC/g e indicando comportamientos normales para las cartas de control aplicadas. En el caso del queso elaborado con leche agroecológica el promedio ronda los 313,441 UFC/g con violaciones a los límites críticos en 3 muestras.

Los altos niveles de microorganismos mesófilos encontrados en todas las muestras de queso fresco, confirman la ausencia de condiciones higiénicas en la fabricación, los altos conteos se deben a deficiencias en una amplia serie de factores como: malas condiciones higiénicas de maquinaria, utensilios y malas prácticas de manufactura. Los parámetros de dichos microorganismos no se encuentran estipulados en la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO), ni en reglamentos o normas internacionales como RTCA y CODEX ALIMENTARIUS. Sin embargo, según Campuzano *et al.* (2015) “en éste grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 35°C +/- 2°C en las condiciones establecidas. En este recuento se

estima la microflora total, sin especificar tipos de microorganismos, reflejando la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima”.

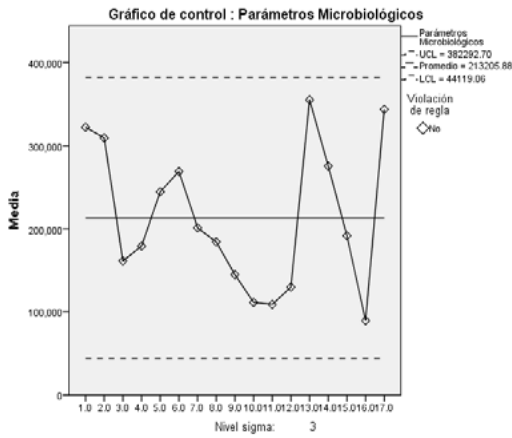


Figura 20. Medias del recuento de mesófilos en placa (RTM) en queso fresco con leche convencional.

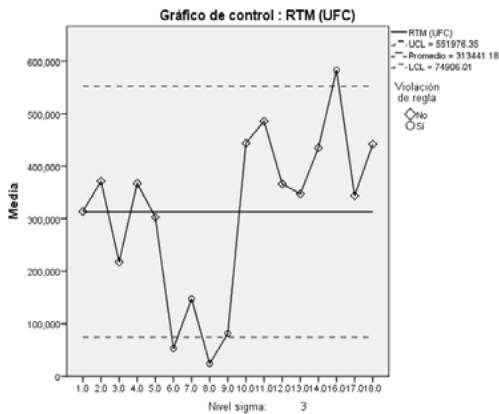


Figura 21. Medias del recuento de mesófilos en placa (RTM) en queso fresco con leche agroecológica.

Determinación de *Escherichia coli*

En la Figura 22 y 23, se presenta gráficamente la media aritmética del contenido de *Escherichia coli* de las muestras de quesos, pudiéndose observar que para el queso elaborado con leche convencional, se cumplen los límites críticos suponiendo secuencia normal de los resultados con un promedio de 315,264 UFC/g y una variación entre muestras de más o menos 158,000 UFC/g. En el caso de los resultados del queso agroecológico presentó mayor fluctuación logrando un promedio de 377,916 UFC/g.

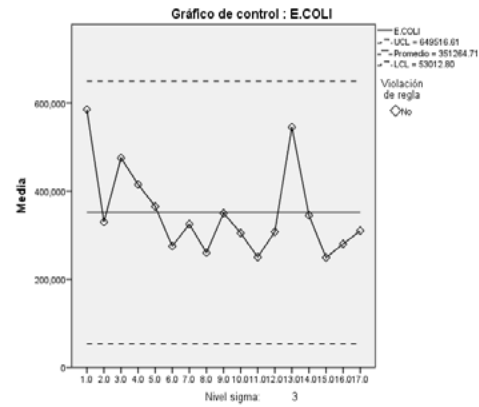


Figura 22. Medias de resultados de *Escherichia coli* en la dilución 4 del queso fresco con leche convencional.

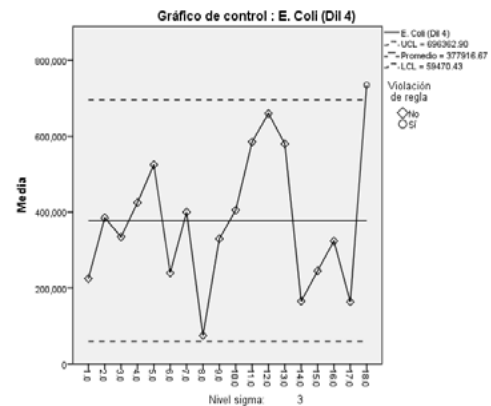


Figura 23. Medias de resultados de *Escherichia coli* en la dilución 4 del queso fresco con leche agroecológica.

En tal sentido y conociendo la naturaleza, composición, proceso y manipulación del producto, se realizó la determinación complementaria de uno de los indicadores sanitarios más importantes, como lo es *Escherichia coli* (Microorganismo mesófilo) que, según la OMS, 2018, la mayoría de las cepas de *Escherichia coli* son inofensivas. Sin embargo, algunas de ellas son productoras de toxina Shiga, y pueden causar graves enfermedades a través del consumo de alimentos contaminados. Como efecto la NSO 67.01.14.06 para criterios microbiológicos indica ausencia, en el caso de RTCA para criterios microbiológicos el límite máximo para queso no madurado es de <10 UFC/g. Dejando claro que en el proceso de elaboración el producto sufrió contaminación posiblemente por la manipulación.

Análisis nutricionales de queso fresco

Grasa en queso fresco

En la Figura 24 y 25, se presentan las medias del porcentaje de grasa en el queso fresco de la leche agroecológica y convencional, observándose que ambas leches se encuentran bajo control, ya que ningún punto sobrepasa el límite superior ni inferior de control. Los rangos presentan una variabilidad fuera de control en el porcentaje de grasa del queso elaborado con leche convencional, sin embargo, para el queso fresco de la leche agroecológica existe una variabilidad bajo control.

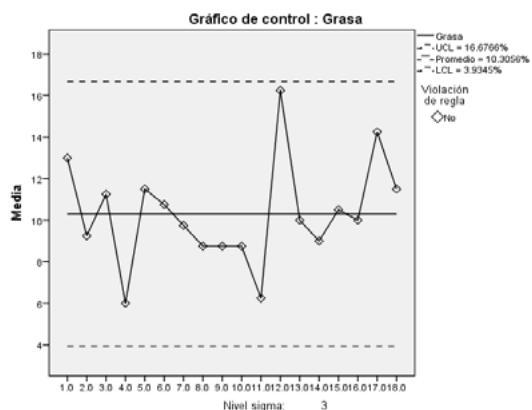


Figura 24. Media del porcentaje de grasa de queso fresco con leche convencional.

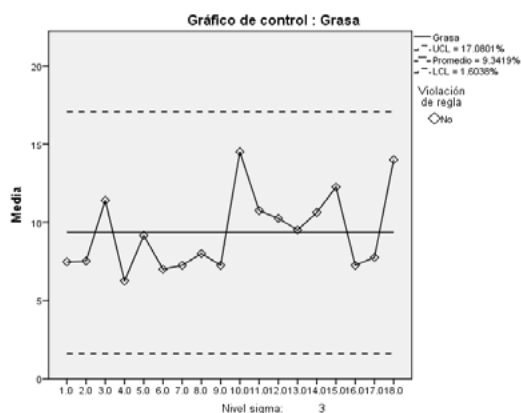


Figura 25. Media del porcentaje de grasa de queso fresco con leche agroecológica.

Los resultados obtenidos del porcentaje de grasa en el queso fresco elaborado con leche agroecológica las medias obtenidas se mantuvieron bajo control y

se obtuvo un valor promedio de grasa de 10.3056%, así mismo las medias obtenidas para el queso fresco elaborado con leche convencional las medias presentaron una estabilidad bajo control y se obtuvo un valor promedio de grasa de 9.3419%. Según la NSO 67.01.04:06 para queso no madurados, no indica el porcentaje de grasa que debe de contener los queso frescos, las variaciones del porcentaje de grasa se debe a la materia prima utilizada en la elaboración de queso, siendo la leche agroecológica que presentó mayor porcentaje de grasa con una variación de 0.24% en comparación a la leche convencional.

Humedad en queso fresco

El porcentaje de humedad en el queso fresco de la leche agroecológica (Figura 26), nos indica que se encuentra bajo control, pero el promedio de las muestras de la semana 8 incumple una de las reglas para la media, esto debido a que presenta 8 puntos consecutivos por debajo de la línea central. La Figura 27 de medias sobre el porcentaje de humedad en queso fresco con leche convencional, se encuentra bajo control ya que ninguno de los puntos sobre pasa el límite superior y el límite.

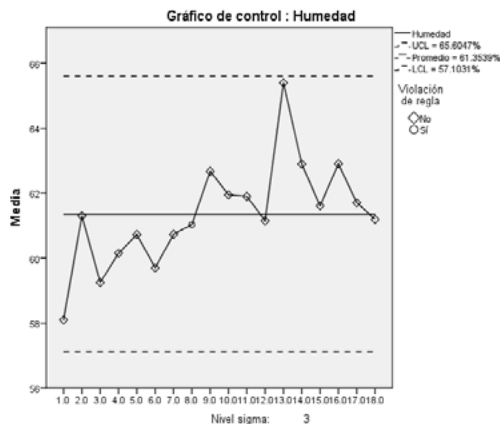


Figura 26. Media del porcentaje de humedad en el queso fresco de leche convencional.

De acuerdo a los resultados obtenidos del queso fresco elaborado con leche agroecológica se obtuvo un valor promedio de 61.35%, así mismo para el caso del queso fresco elaborado con leche convencional se registró un valor promedio de 62.84%, según la NSO 67.01.04:06 para queso no madurados, indica que el

queso fresco debe tener una humedad que ronde los 55% hasta un máximo de 70% del peso de su masa, por lo tanto, el queso fresco cumple con estos valores establecido por la norma, según Inda (2000), la vida de anaquel de un queso depende en gran medida de la actividad del agua y una de las estrategias fundamentales de la quesería es disminuir su valor durante la fabricación. La variabilidad del porcentaje de humedad en el queso fresco, corresponde a la experiencia del personal que lo elabora y a las exigencias de la planta, dado que a mayor humedad mayor peso de la masa comercializada.

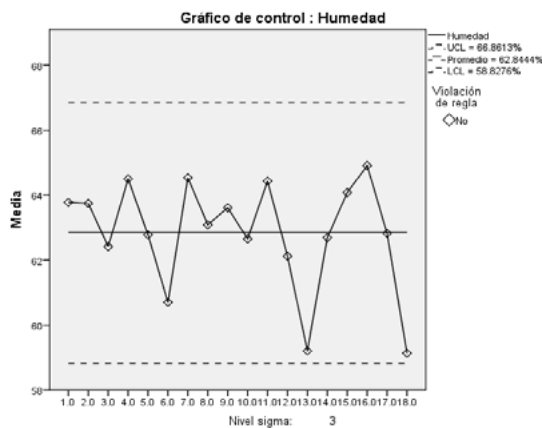


Figura 27. Media del porcentaje de humedad en el queso fresco de leche agroecológica.

Ceniza en queso fresco

El porcentaje de cenizas en el queso fresco de la leche agroecológica, no se encuentra bajo control debido que el promedio de la semana 17 sobrepasa el límite superior de control (Figura 28). La figura 29 de medias sobre el porcentaje de ceniza en queso fresco con leche convencional se encuentra fuera de control, ya que los promedios de la semana 17 y 18 sobre pasan el límite superior de control, indicando que existe mayor contenido de minerales en dichas muestras.

Los resultados obtenidos sobre las medias del porcentaje de cenizas del queso fresco con leche agroecológica reflejaron un valor promedio de 3.9317% y para el queso fresco con leche convencional de 4.0622%. Las tablas del INCAP (2012), indican que el queso fresco debe tener un porcentaje de ceniza igual a 4.10%, los datos promedio en el queso con

leche agroecológica y convencional no cumplen con lo requerido por las tablas del INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). El contenido de cenizas en el queso fresco depende en gran medida de los minerales que se encuentran en la leche, por lo que en ambas leches el porcentaje de minerales no cumplió con los parámetros establecidos por la Norma NSO 67.01.01.06.

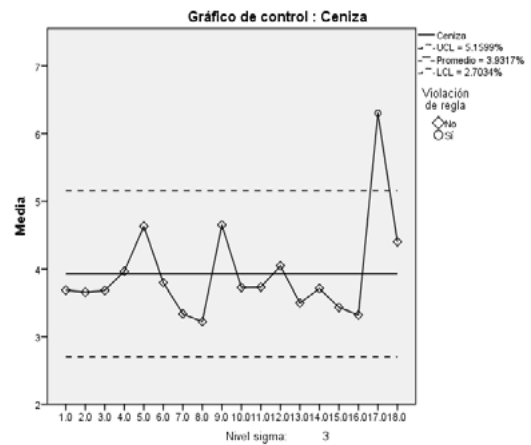


Figura 28. Media del porcentaje de ceniza en el queso fresco de leche convencional.

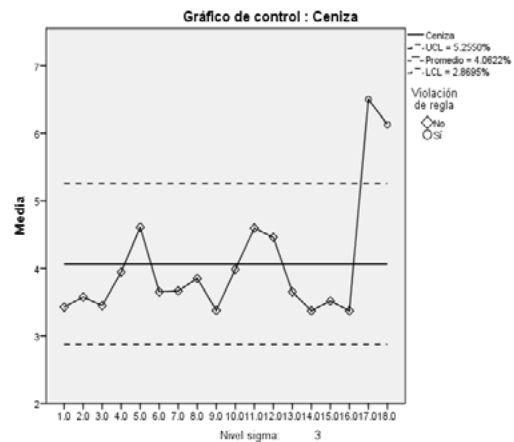


Figura 29. Media del porcentaje de ceniza en el queso fresco de leche agroecológica.

Proteína en queso fresco

En las Figuras 30 y 31, sobre el porcentaje de proteína del queso fresco de la leche agroecológica y convencional, se observa que los puntos se encuentran entre los límites establecidos a partir de la media aritmética de las muestras y se puede indicar que el proceso en general está bajo control.

Todos los promedios semanales varían entre 13% y 18% de proteína.

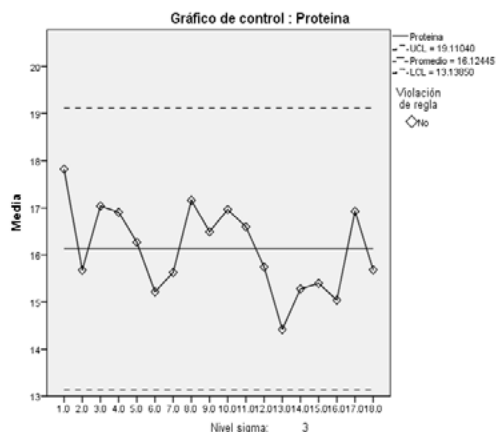


Figura 30. Media del porcentaje de proteína en el queso fresco de leche agroecológica.

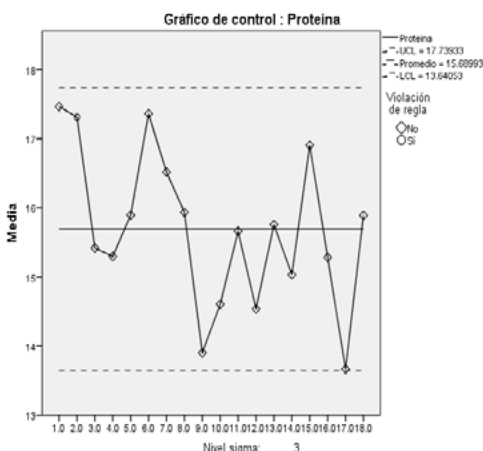


Figura 31. Media del porcentaje de proteína en el queso fresco de leche convencional.

El promedio de las medias del porcentaje de proteína para el queso fresco con leche agroecológica fue de 16.12%, mientras que para el elaborado con leche convencional fue de 15.68%, las tablas del INCAP (2012), indican que el queso fresco debe tener un

porcentaje de proteína igual a 17.50%, los datos promedio en el queso con leche agroecológica y convencional no cumplen con lo establecido debido que sus valores se encuentran por debajo de lo que determina las tablas del INCAP, los valores de proteína de un queso están determinados por la calidad de la leche, según Quezada (2003), los factores que afectan la calidad de la leche son la alimentación y el manejo; factores genéticos como la raza, enfermedades y entre los aspectos fisiológicos la fase y número de lactancias de la vaca.

Resultados productivos

Los rendimientos obtenidos de queso fresco elaborados con leche convencional y leche agroecológica (Cuadro 8), los resultados obtenidos con leche agroecológica, presento un valor promedio de 9.48 kg de 56.25 L de leche procesadas, por lo tanto, se necesita 5.93 L de leche para producir un kilogramos de queso fresco con la leche agroecológica. Para el caso de la leche convencional se obtuvo un promedio de 9.29kg de 56.25 L de leche obteniendo un rendimiento de 6.05L de leche para producir un kilogramo de queso fresco, Botero (2017), ganadero y líder de 'Slow Food', empresa española que fabrica quesos, señala que en general el rendimiento de este tipo de producción para queso es del 10%, es decir, por cada 10 litros de leche se saca un kg del derivado.

Prueba T

Para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de las dos leches se realizó una prueba estadística T-student, observando que las medias correspondientes a variable rendimiento (expresado en kg) son estadísticamente iguales.

Cuadro 8. Rendimientos de queso fresco.

Tipo de leche	Nº grupos	Muestras	Leche procesada (L.)	Total de Leche procesada (L.)	Media de producción (Kg)	Rendimiento (%)
Agroecológica	18	36	56.25	2.025	9.48	0.2782
Convencional	18	36	56.25	2.025	9.29	0.2726

Para el caso de leche agroecológica y convencional, el p-valor es igual a 0.174 y 0.176, respectivamente. Demostrándose estadísticamente que el rendimiento de ambas leches es semejante y no presenta diferencias significativas, al utilizarse en la producción de queso. Esto influenciado por la similitud en cuanto a las características químicas que ambas leches presentaron, lo cual ratifica lo mencionado por Kouba 2003, citado por Espinoza *et al.* (2009) que en la leche proveniente de sistemas convencionales y orgánicos, no se han constatado diferencias importantes en términos de composición química del producto entre ambos sistemas.

CONCLUSIONES

Los resultados nutricionales de la leche cumplen con los parámetros establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria de leche cruda (NSO 67.01.14.06), con excepción de la variable de minerales que en ambas leches no se cumple.

Según los resultados obtenidos en el recuento total de mesófilos (RTM), la leche convencional se clasifica como grado A y la agroecológica grado B, con respecto a la prueba de reductasa la leche convencional es grado B y la agroecológica grado A. Esto indica que ambas leches son de buena calidad microbiológica según la NSO 67.01.14.06.

Los análisis microbiológicos realizados en el queso fresco indican que ambos tienen presencia de UFC/g en el recuento total de mesófilos (RTM), presentando 100,235 UFC/g más el queso elaborado con leche agroecológica.

Los quesos convencionales y agroecológicos, se encuentran contaminados por *Escherichia coli*.

Con base a los análisis nutricionales realizados al queso fresco elaborado con leche convencional y agroecológica, estos no cumplen con los parámetros establecidos por la NSO 67.01.04:06 y tablas del INCAP.

De acuerdo a los rendimientos obtenidos durante la investigación, se logró identificar que

estadísticamente no existen diferencias significativas en la leche convencional y agroecológica, por lo que la productividad de ambas leches es similar.

BIBLIOGRAFÍA

- Bachman, K.C. 1994. Manejo de la composición de la leche. EUA, Florida. p.346.
- Botero, O. 2017. Cuántos litros de leche se necesitan para producir un 1 Kg de queso. (en línea). Arg. Consultado 6 jun. De 2019. Disponible en: <https://www.agromeat.com/208121/cuantos-litros-de-leche-se-necesitan-para-producir-un-1-kg-de-queso>
- Campuzano, S; Mejía D; Madero, C; Pabón, P. 2015. Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C. Tesis Ing., Bogotá, CO, UNAD. 83 p. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/1708/1961>
- CARY, A. 1994. Composición de la leche y Valor Nutritivo. (en línea). Consultado 7 jun. De 2018. Disponible en: http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000002pr.htm
- CONACYT 2006. Norma Salvadoreña Obligatoria 67.01.01.06. Productos Lácteos. Leche Cruda de Vaca. San Salvador, El Salvador.
- CONACYT 2006. Norma Salvadoreña Obligatoria 67.01.04:06. Productos Lácteos. Quesos no Madurados. San Salvador, El Salvador.
- CONACYT 2006. Norma Salvadoreña Obligatoria 67.01.14:06. Productos Lácteos. Norma General para Queso. Especificaciones. San salvador, El Salvador.
- Delgado, A.B. 2016. pH en la leche. (en línea). Consultado 22 Ago. 2019. Disponible en: <https://www.hannachile.com/blog/post/ph-en-leche>
- Espinoza J., Palacios A., Guerra D. y Gonzales D. 2009. La ganadería orgánica: Aspectos generales. Tesis PhD. Baja California Sur, México. UABCS. 53 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. (en línea). Composición de la leche. Consultado 7 jun. de

2018. Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/>
- FAO 2015. Perspectivas alimentarias: Leche y productos lácteos. (en línea). Consultado 2 de abril de 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3915s.pdf>
- Franco 2012. Ganadería agro ecológica: Máxima producción al menor costo posible. (en Línea). Consultado 22 de agosto de 2018. Disponible en: <http://salesganasal.com/2012/03/05/ganaderia-agro-ecologica-maxima-produccion-al-menor-costo-posible/>
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá). 2012. Tabla de Composición de Alimentos de Centro América. Guatemala. 2 ° ed. 126p.
- Inda Cunningham, AE. 2000. Inocuidad En La Industria De La Quesería. (en línea). Mex. Consultado 6 jun. De 2019. Disponible en: <http://www.industrialmecanica.com.ar/Inocuidad%20En%20La%20Industria%20De%20La%20Queseria.pdf>
- Interpretación de las cartas de control. 2012. (En línea). Consultado 16 sep. 2019. Disponible en: http://www.redinnovagro.in/pdfs/Referencias_bibliograficas.pdf
- Martinez Marín, AL. 2007. Factores nutricionales que afectan a la composición de la leche. (en línea). Col. Consultado 6 jun. 2019. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/factores-nutricionales-afectan-composicion-t27057.htm>
- Massoc P. 2008. Enfermedades Asociadas a los Alimentos (Ingles). Revista Chilena de infectología. V. 25. p.5.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). s.f. Caracterización de la cadena productiva de lácteos en El Salvador. 17p.
- OMS IT 2018. *E. coli*: Panorama (Web). Consultado: junio 23, 2019. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>.
- Pinzon Fernández, M.V. 2006. Recuento Microbiano de la Leche. Vol. I. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 200 pág.
- Quezada Vera, J. 2003. Factores que influyen en la calidad de la leche. PE. (En línea). Consultado 6 jun. De 209. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jotarqv/factores-queminfluyen-en-la-calidad-delaleche>
- Turcios 2015. T-Student. Usos y abusos. (en línea). Consultado 27 de agosto de 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009
- Zelaya 2010. Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de leche entera y pasteurizada comercializada en diferentes lugares de la ciudad de San Miguel. Tesis Ing. El Salvador, UES. 78p.



<https://revistaagrociencia.wordpress.com/>



Artículo de investigación

Evaluación de la inclusión de desechos alimenticios a la dieta de cerdos criollos (*Sus scrofa domesticus*) en etapa de inicio y su efecto en los parámetros productivos y económicos

Evaluation of the inclusion of food waste to the diet of Creole pigs (*Sus scrofa domesticus*) in the initiation stage and its effect on the productive and economic parameters

Guzmán-Cruz, M.L¹, Torres de Ortiz, B.E¹, Alas-García, E.A¹, Martínez-Aguilar, E.A¹

RESUMEN

La investigación se realizó para evaluar el efecto de adicionar un 30% de desechos alimenticios (arroz, tortillas, vegetales y carne) en la dieta de cerdos criollos (*Sus scrofa domesticus*) y su incidencia en los parámetros productivos: peso vivo, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia; variables de faenado: peso en pie final y en canal, rendimiento de canal, peso, porcentaje de vísceras, sangre, cabeza y parámetros económicos. La investigación se realizó en el Municipio de San Luis de La Reina, departamento de San Miguel, El Salvador. Comprendió un periodo de nueve semanas; inició en octubre y finalizó en diciembre de 2018. Las raciones alimenticias fueron elaboradas con base a requerimientos nutricionales establecidas por el NRC (2008). Se utilizaron 16 cerdos criollos, 7 machos y 9 hembras de aproximadamente dos meses de edad y un peso de 7 kg \pm 3, cada uno representó una unidad experimental. El total de animales se dividió en 2 grupos de 8 cerdos (T0=5 hembras y 3 machos; T1=4 hembras y 4 machos). Un grupo representó el tratamiento testigo con una mezcla balanceada y el otro una receta con la adición de desechos alimenticios (T0: alimentación tradicional a base de concentrado con 0% de desechos; T1: Concentrado con 30% de desechos alimenticios). Las variables de desarrollo: consumo de alimentos, peso vivo, conversión alimenticia y ganancia de peso se evaluaron con un Diseño Completo al Azar. Los datos fueron analizados en el software Infostat® con un nivel de significancia menor o igual al 5% ($p \leq 0.05$). Las variables de faenado se analizaron de manera descriptiva obteniendo las medias y la desviación estándar. Al analizar estadísticamente los parámetros productivos, no se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Para la variable consumo total de alimento, las medias favorecen al T1 (30% desechos de restaurante) que consumieron 20.85 kg más en promedio que el T0 (testigo). En la variable peso vivo, el T1 tuvo una media de 18.83 kg y el T0 una media de 16.68 kg, siendo superior el T1 con 2.15 kg más que el T0. La ganancia de peso total también fue superior en el T1 con un promedio de 12.95 kg, mientras que el T0 obtuvo un promedio de 11.53 kg. Para la variable conversión alimenticia las medias favorecen al T0, que obtuvo una conversión alimenticia acumulada de 4.14, mientras que el T1 logró un valor de 7.16, por lo que hace a la dieta menos eficiente. A nivel económico se obtuvo la utilidad neta y bruta, tanto en pie como en canal, con un beneficio neto en pie para el T0 de USD\$9.93 y para el T1 USD\$13.58. La ganancia neta en canal para el T0 fue de USD\$2.90 y para el T1 USD\$6.91, lo que favorece al tratamiento donde se utilizó subproducto alimenticio.

Palabras claves: cerdos criollos, desechos alimenticios, alimentación alternativa, etapa de inicio.

1 Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
marygc_luz@hotmail.com: blanca.bermudes@ues.edu.sv: enrique.alas@ues.edu.sv: ever.martinez@ues.edu.sv

ABSTRACT

The research was carried out to evaluate the effect of adding 30% of food waste (rice, tortillas, vegetables and meat) in the diet of Creole pigs (*Sus scrofa domesticus*) and its incidence in the productive parameters: live weight, feed consumption, weight gain, feed conversion; Slaughter variables: final foot and carcass weight, carcass yield, weight, percentage of viscera, blood, head and economic parameters. The research was carried out in the Municipality of San Luis de La Reina, department of San Miguel, El Salvador. It comprised a period of nine weeks; It began in October and ended in December 2018. The food rations were prepared based on nutritional requirements established by the NRC (2008). 16 Creole pigs were used, 7 males and 9 females of approximately two months of age and a weight of $7 \text{ kg} \pm 3$, each one representing an experimental unit. The total of animals was divided into 2 groups of 8 pigs (T0 = 5 females and 3 males; T1 = 4 females and 4 males). One group represented the control treatment with a balanced mixture and the other a recipe with the addition of food waste (T0: traditional feed based on concentrate with 0% waste; T1: Concentrate with 30% food waste). The development variables: food consumption, live weight, feed conversion and weight gain were evaluated with a Complete Random Design. The data were analyzed in the Infostat® software with a significance level less than or equal to 5% ($p \leq 0.05$). The dressing variables were analyzed descriptively, obtaining the means and standard deviation. When statistically analyzing the productive parameters, no significant differences were obtained ($P \leq 0.05$). For the variable total food consumption, the averages favor T1 (30% restaurant waste) that consumed 20.85 kg more on average than T0 (control). In the live weight variable, T1 had a mean of 18.83 k and T0 a mean of 16.68 kg, with T1 being higher with 2.15 kg more than T0. Total weight gain was also higher in T1 with an average of 12.95 kg, while T0 obtained an average of 11.53 kg. For the food conversion variable, the means favor T0, which obtained a cumulative food conversion of 4.14, while T1 achieved a value of 7.16, thus making the diet less efficient. At an economic level, the net and gross profit was obtained, both on the ground and in the channel, with a net profit on the ground for Q0 of USD \$ 9.93 and for Q1 USD \$ 13.58. The net gain in carcass for Q0 was USD \$ 2.90 and for Q1 USD \$ 6.91, which favors the treatment where food by-product was used.

Keywords: Creole pigs, food waste, alternative feeding, starting stage.

INTRODUCCION

En El Salvador la explotación de monogástricos, como el caso del cerdo criollo, sigue siendo una de las actividades productivas importantes (Pleitez, *et al.* 2003). Según Villanueva, *et al.* (2011), los sistemas de producción pecuaria para los países en vías de desarrollo, deben satisfacer las condiciones de sostenibilidad utilizando fuentes con potencial uso como dietas o suplementos alimenticios para animales monogástricos y rumiantes. Para Quinian (1990), el reto en la alimentación animal consiste en formular raciones que satisfagan las expectativas de rendimientos y optimicen los costos de producción, ya que se debe tener en cuenta que la alimentación es una de las prácticas más importantes de una porqueriza, pues el éxito empresarial de los productores porcinos se sustentará en la adaptación de tecnología económicamente viable orientada a dar una mayor utilidad. Por lo tanto, aprovechando la capacidad del cerdo de ser un animal omnívoro, este puede alimentarse con varios productos, subproductos

animales y vegetales, permitiendo emplearse para su nutrición, los desechos alimenticios que se generan en restaurantes (Ramírez, 2011).

Según Mata, *et al.* (2000), la generación de desechos alimenticios se ha convertido en una problemática mundial, debido entre otras cosas al mal uso de los alimentos, así como el crecimiento de la población humana y con un desarrollo económico poco planificado. Los principales generadores de residuos alimenticios son restaurantes y hogares. Cada año se desperdician 1.3 billones de toneladas de comida (FAO, 2014), que podrían emplearse en la alimentación animal, siempre y cuando, se ajusten a sistemas de reciclaje que disminuyan pudrición y descomposición para obtener una materia prima rica en energía, proteína de alto valor biológico y vitaminas (Kim *et al.*, 2011).

Los desechos de restaurantes tienen una calidad nutricional adecuada que ha sido aprovechada por cerdos tradicionales (criollos) o comúnmente llamados de traspatio (Westendorf *et al.*, 1993). Sin

embargo, su uso presenta una serie de limitaciones, por lo que deben ser adicionados en porcentajes que permitan la máxima expresión productiva del animal (Manterola y Cerda, 2014) y minimicen la contaminación de agentes nocivos causantes de enfermedades zoonóticas como teniasis, cisticercosis, triquinosis, leptospirosis, entre otras (OMS, 2007). La variabilidad de procesos incluye, cocción, deshidratación, ensilaje y mezcla con otros productos que permiten su transformación en alimentos de excelente calidad para los animales.

Existen diferentes estudios acerca de la utilización de desperdicios alimenticios, como por ejemplo en México, se alimentaron cerdos de cruce comercial en etapa de crecimiento con dietas a base de desperdicio de comedor y un concentrado comercial; los resultados obtenidos mostraron que la adición de desperdicios de comedor y cocina no afectaron los rendimientos productivos y el rendimiento en canal (Ramírez, 2011). En Nicaragua, se realizó un estudio para evaluar el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento, desarrollo y engorde, alimentados con desperdicios de cocina y residuos de galleta, bajo distintos porcentajes de inclusión. Los cerdos que presentaron una ganancia de peso más alta, fueron los que se alimentaron con la ración 100% desperdicio de cocina (Neira y Vanegas, 2002). En El Salvador actualmente la producción del sector tecnificado generalmente es con cerdos de líneas comerciales y razas especializadas; para la década de los 80's en el CEDAF-Izalco, se contaba con hatos de cerdos criollos, Ventura (1989), estableció ensayos con el objetivo de determinar los niveles más apropiados de energía en el crecimiento y acabado, probando tres niveles de energía en las dietas para los periodos de crecimiento, engorde y terminado. Los resultados ratifican el concepto de que en el cerdo criollo los niveles de energía juegan un papel importante en la eficiencia del crecimiento, sin embargo, el estudio propone que se requieren evaluaciones adicionales en este aspecto.

En El Salvador, la producción de cerdos ha jugado un papel importante en la economía de supervivencia

campesina, desarrollándose en sistemas de traspatio (Chávez y Flores, 1992). La alimentación es un factor importante que afecta a los pequeños productores, debido a que en las fases de crecimiento y finalización representa aproximadamente del 75-80% de los costos de producción (García *et al.* 2012). Es por eso que esta investigación busca alternativas alimenticias para el cerdo criollo, con el fin de conocer sus parámetros productivos y costos de producción, comparando el efecto de la sustitución del concentrado por desechos alimenticios en etapa de inicio.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del estudio

La investigación se llevó a cabo en el municipio de San Luis de La Reina, departamento de San Miguel, El Salvador, con coordenadas geográficas: 13° 49' 0" Norte, 88° 21' 0", con una altitud de 561 msnm y un clima tropical seco de acuerdo a la clasificación climática de Köppen: Aw (McKnight y Hess, 2000), con una temperatura promedio diaria oscilante entre los 22°C a 30°C y un monto pluvial anual oscilante entre 1,800 y 2,200 mililitros. El estudio comprendió un periodo de nueve semanas; inicio en octubre y finalizó en diciembre de 2018. Se evaluó el efecto que tendría incluir a la alimentación de cerdos (fase inicio-desarrollo) un subproducto alimenticio de restaurante y su incidencia en los parámetros productivos y económicos.

Metodología de campo

Animales e instalaciones

La investigación, se realizó con 16 cerdos criollos, 7 machos y 9 hembras con un peso vivo promedio de 7 kg \pm 3 (T0=4 hembras y 4 machos; T1=5 hembras y 3 machos). De estos, el 12.5% eran criollos del tipo manchado, el 12.5% del tipo rojo, 12.5% color negro y el restante 62.5% acriollados, con rasgos fenotípicos de cruce con razas especializadas. Se adquirieron en el Tiangué de San Rafael Cedros, Departamento de Cuscatlán, El Salvador (ya que en el país no existen granjas de cerdos criollos) y sus edades oscilaban entre

los 45 a 60 días. Fueron criados en confinamiento, construyendo instalaciones artesanales (Figura 1), una galera con techo de lámina galvanizada, los corrales de bambú y piso de tierra, comederos de caucho y bebederos de plástico, colocados en esquinas opuestas del corral. Los cerdos fueron identificados con aretes en la oreja y se distribuyeron los tratamientos en su respectivo corral, cada uno con un área de 8 m², tomando en cuenta 1 m²/cerdo, con dimensiones de 4 m largo x 2 m ancho, los 8 cerdos de cada tratamiento no fueron separados individualmente.

Definición de los tratamientos

Se utilizaron dos tratamientos: un testigo (T0) con 100% concentrado y el tratamiento 1 (T1) que se formuló sustituyendo 30% del concentrado por desechos alimenticios, como se describe en el Cuadro 1.



Figura 1. Instalaciones: (A) Corrales de experimentación, (B) Identificación de lechones

Cuadro 1. Conformación de los tratamientos.

Tratamientos	Inclusión de desecho alimenticio (%)	% PC a sustituir	
		Desecho alimenticio	Concentrado
T0	0	0	23.7
T1	30	7.20	16.50

Preparación del alimento

Subproductos alimenticios: Estos fueron proporcionados por una cadena de restaurantes. Estaban compuestos por arroz (en mayor proporción), tortillas, pupusas, desperdicios de vegetales como repollo, brócoli, tomate, cascaras de zanahoria, papa, queso y pequeñas porciones de carne. Se trasladaron en bolsas plásticas hasta el lugar del estudio, ahí se separaron en porciones con un peso de 0.90 kg c/u y se conservaron en congelación para su posterior uso.

Al momento de suministrarlo se descongeló, licuó y esterilizó a una temperatura de 100°C, para evitar presencia de organismos patógenos en el alimento. La pasta que se formó se mezcló con el alimento concentrado.

Alimento concentrado: las materias primas y elaboración del concentrado se adquirieron en la Asociación Cooperativa de comercialización, consumo, producción agroindustrial, aprovisionamiento, ahorro, crédito y servicios agropecuarios de RL (CAPCYSA de RL), ubicada en Jocoro, departamento de Morazán, El Salvador. La ración se hizo mezclando uniformemente todas las materias primas.

Suministro del alimento: La ración diaria fue dividida en dos, la mitad en la mañana a las 7 am y la otra mitad por la tarde a las 4 pm. Las cantidades que se suministraron fueron con base al consumo observado en la semana de adaptación, incrementando el 10% extra. Para el tratamiento testigo (T0), la ración total fue de concentrado, el tratamiento 1 (T1) con concentrado más un 30% de sustitución de desecho alimenticio. El cálculo para definir la ración, desarrollada con base seca tomado del análisis bromatológico previo, la pasta formada con los desechos de alimentos, se mezclaba con el concentrado hasta uniformizar, la ración del tratamiento testigo también se ofrecía húmeda incorporándole agua al concentrado después de pesado.

Composición nutricional de los subproductos alimenticios

Para determinar la calidad nutricional de los subproductos alimenticios, se recolectó una muestra diaria durante una semana y se homogenizó para ser llevada al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, con el fin de determinar su composición nutricional (Cuadro 2).

Manejo Sanitario de los cerdos

Los corrales se limpiaron y desinfectaron con cal, luego se colocaron 6 sacos de granza de arroz, simulando el sistema de cama profunda. Posteriormente se realizó un manejo seco de las excretas, ya que se retiraban a diario con pala. En la primera semana de la investigación, a los cerdos se les aplicó: 1 ml de desparasitante y 5 ml de vitamina.

Cuadro 2. Análisis bromatológico de desechos alimenticios.

Parámetro	Resultados
Humedad	2.06
Proteína	24.02
Ceniza	4.76
Extracto etéreo	31.94
Fibra cruda	0.75
Carbohidratos	37.22

Fuente: Análisis bromatológico, departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Toma de datos

Los cerdos se pesaban una vez por semana a la misma hora, en una báscula con capacidad de 150 kg (marca Ohaus)[®], y para ello se colocaban en una jaba de plástico (Figura 3). A diario se pesaba el alimento ofrecido de cada tratamiento y para todos los datos tomados, se llevó su registro correspondiente.



Figura 3. Peso semanal de lechones.

Metodología de laboratorio

Formulación de las dietas

Mezcla balanceada: se diseñó una dieta balanceada basada en el requerimiento de proteína de los lechones según el NRC (1998), y utilizando la composición nutricional de las materias primas, este trabajo se realizó en el programa Excel[®], los ingredientes fueron soya, maíz, melaza, afrecho, sal, y pre-mezcla de vitaminas y minerales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición de las dietas isoprotéicas con 23.7% de PC.

MATERIA PRIMA	T0	T1
Desechos restaurante	0.00	30
Soya	38.73	27.02
Maíz	54.02	35.73
Melaza	4.00	4.00
Afrecho	2.50	2.50
Sal	0.25	0.25
Prem. Vit. y min.	0.50	0.50
TOTAL APORTE	100%	100%

Análisis de los datos

Análisis Estadístico

Las variables de desarrollo se evaluaron en un Diseño Completo al Azar; se usaron 2 tratamientos, que fueron las dietas y 8 repeticiones por tratamiento,

cada animal fue una unidad experimental (UE), teniendo un total de 16. Las variables de desarrollo a evaluar fueron: peso vivo, conversión alimenticia, ganancia de peso y consumo de alimento, todas fueron analizadas por un diseño estadístico. La Normalidad de los datos fue evaluada por medio de la prueba estadística de Shapiro-Wilks. Los datos se analizaron en el software Infostat® con una probabilidad menor o igual al 5% ($p \leq 0.05$). Las variables de faenado fueron: peso en pie final, peso en canal, rendimiento de canal, peso y % de vísceras, peso y % de sangre, peso y % de cabeza, fueron analizadas de manera descriptiva y económica, sacrificando dos cerdos por tratamiento.

Variables evaluadas.

Los principales factores de estudio que se consideraron fueron:

Consumo de alimento: El consumo de alimento (kg) diario por corral, se estimó sustrayendo a la cantidad ofrecida, la cantidad rechazada de alimento con la siguiente fórmula: Consumo de alimento = Cantidad ofrecida - Cantidad rechazada

Peso vivo: se documentó el peso que alcanzó cada cerdo todas las semanas y al finalizar las 8 semanas del estudio, éste se registró en kilogramos.

Ganancia de peso (semanal): La ganancia de peso (kg) semanal, se calculó para cada cerdo por diferencia del peso final menos el peso inicial de la semana como se describe a continuación: Ganancia de peso = Peso Final - Peso Inicial

Conversión alimenticia: La conversión alimenticia determina la eficiencia con que el alimento es utilizado por el animal. Se calculó semanalmente dividiendo el total de alimento consumido en una semana entre la ganancia de peso de cada cerdo como sigue:

$$\text{Conversión Alimenticia} = \frac{\text{Total alimento consumido semana}}{\text{Ganancia de peso semanal}}$$

Peso de canal caliente: se pesó la canal después del sacrificio, los datos fueron reflejados en kilogramos.

Rendimiento en canal caliente: al peso vivo final se

le restó el peso de la canal caliente para obtener su rendimiento en porcentaje:

$$\text{Rendimiento en canal} = \frac{\text{Peso de la canal caliente} \times 100}{\text{Peso vivo final}}$$

Estadística descriptiva

Sacrificio de los animales y obtención de las canales

Al finalizar el estudio, se sacrificaron dos animales por cada tratamiento y se pesó en kilogramos la canal para determinar su rendimiento, dichos datos sirvieron para establecer la rentabilidad.

Metodología Económica

Evaluación de costos (utilidad bruta, utilidad neta)

Se determinaron los costos de producción por dieta y utilidades de venta con el ingreso de venta de carne y se estimó por medio de presupuestos parciales, estudiando cuál de las dietas ofrecidas a los cerdos produce una mejor utilidad neta y una mejor utilidad bruta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo Total de Alimento

El total de alimento consumido por los cerdos en esta investigación fue mayor en el T1, el cual consumió 20.85 kg más en promedio que el T0, al final de las 8 semanas que duró el estudio, aunque estadísticamente no hubo diferencias (Figura 4 y Cuadro 4). Esto puede atribuirse a la palatabilidad, ya que los desperdicios de cocina al ser originalmente alimento destinado al consumo humano que contienen saborizantes, condimentos y otros tipos de aditivos que pueden tener gran aceptación por los cerdos. Solà, *et al.* (2009), estudiaron la preferencia de los cerdos por una amplia gama de ingredientes comúnmente utilizados en dietas para lechones, llegando a la conclusión que el cerdo es capaz de identificar por vía oro-sensorial los ingredientes que conforman una determinada dieta e incluso entre niveles de la inclusión. Esto refuerza

la idea que la palatabilidad de los desperdicios de cocina tiene influencia directa en el consumo de las dietas, siendo importante porque el consumo está estrechamente relacionado con la ganancia de peso en los animales.

Ventura y Ventura (2017), reportan que la dieta con mayor contenido de vísceras de pollo (45%), como ingrediente en un concentrado balanceado, fue la que obtuvo un mayor consumo de alimento, mientras que la dieta testigo 100% de concentrado, obtuvo el menor resultado. Rodas y Obando (1999), reportan en su estudio que de sus tres dietas utilizadas en cerdos

en crecimiento, desarrollo y engorde, la dieta 100% desperdicios de cocina fue la que obtuvo un mayor consumo por parte de los cerdos, seguido de la dieta 50% desperdicios de cocina y 50% desperdicios de galleta, observándose en la dieta 100% concentrado el menor consumo. Neira y Vanegas (2002), reportan para tres dietas utilizadas en cerdos en crecimiento, desarrollo y engorde, la alimentación 100% desperdicios de cocina fue la que obtuvo un mayor consumo por parte de los cerdos, seguido de la dieta 25% desperdicios de cocina y 75% desperdicios de galleta, observándose en la dieta 100% desperdicios de galleta el menor resultado.

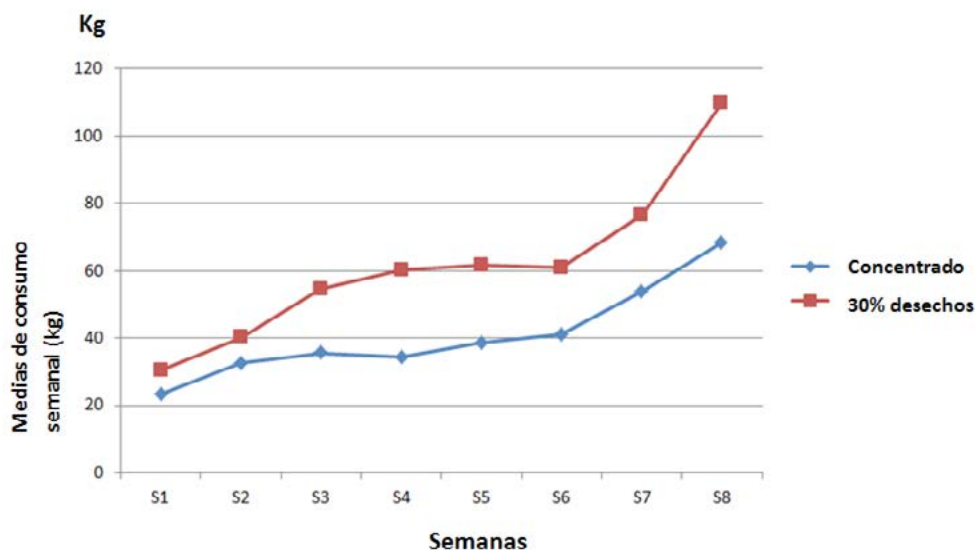


Figura 4. Medias de consumo de alimento semanal (kg).

Cuadro 4. Rendimiento Zootécnico del T0 (testigo) y T1 (30% de desperdicios).

Parámetro	T0	T1	Desviación estándar	P-valor
Consumo total de alimento(Kg)	40.85 ^{ns}	61.70 ^{ns}	14.74	0.0508
Peso vivo (Kg)	16.68 ^{ns}	18.83 ^{ns}	1.52	0.6115
Ganancia de peso total (Kg)	11.53 ^{ns}	12.95 ^{ns}	1.00	0.6785
Conversión alimenticia acumulada	4.14 ^{ns}	7.16 ^{ns}	2.14	0.1848

Peso vivo

Esta variable no presentó diferencia significativa en el análisis estadístico por cada tratamiento. Sin embargo, los cerdos del T1 (30% de subproducto alimenticio) presentaron pesos mayores (18.83 kg en promedio) que los cerdos del tratamiento testigo (16.68 kg en promedio) (Figura 5), esto coincide con los estudios de Ventura y Ventura (2017), quienes reportaron que el tratamiento con mayor porcentaje de sustitución de proteína por vísceras de pollo (45%), resulto mejor.

En ambos estudios, los tratamientos que presentaron mejores resultados para la variable peso vivo,

también fueron los que tuvieron mayor consumo de alimento, por lo que se puede decir que para estos ensayos la cantidad de alimento consumido es directamente proporcional al peso vivo. Como se demuestra también en el estudio realizado por Criado, *et al.* (2009), cuándo evaluaron el modo de distribución del alimento durante el engorde, donde suministraron concentrado en seco *ad libitum*, racionado y concentrado en forma líquida o sopa racionado, observando diferencias, siendo mayores los pesos en cerdos alimentados con concentrado en seco *ad libitum* y menores en los alimentados racionados.

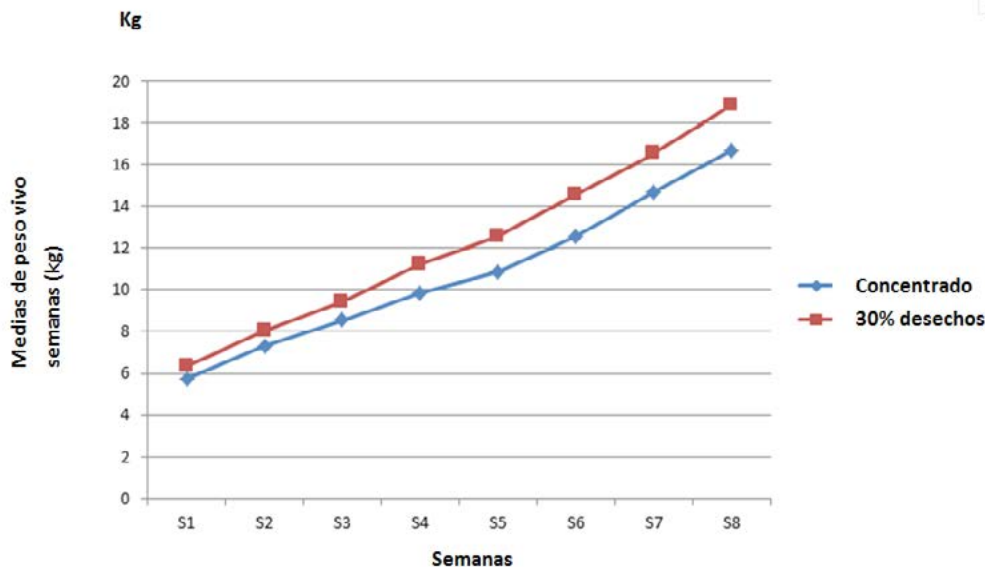


Figura 5. Medias de peso vivo semanal (kg).

Ganancia de Peso Total

La ganancia total de peso de los cerdos en este estudio fue numéricamente mayor en el T1, el cual obtuvo 1.42 kg más en promedio que el T0, aunque estadísticamente no hubo diferencias. Ventura y Ventura (2017), reportan en El Salvador que la dieta con mayor contenido de vísceras de pollo (45%), como ingrediente sustituto de la harina de soya (principal fuente proteica) en un concentrado balanceado, fue la que obtuvo mayor ganancia de peso, también

asociado a un mayor consumo de alimento.

Rodas y Obando (1999) en Nicaragua, reportaron que de sus tres raciones utilizadas en cerdos en crecimiento, desarrollo y engorde, la ración 100% concentrado fue la que obtuvo una mayor ganancia de peso, seguido de la ración 50% desperdicios de galleta con 50% desperdicios de cocina y la menor ganancia fue para la ración 100% desperdicios de cocina, la diferencia de resultados con esta investigación es claramente por el desbalance nutricional que

provoca el solo utilizar una ración completa con uno o dos ingredientes.

Ampié y Vaca (2003) en Nicaragua, reportan que de sus tres raciones utilizadas en la alimentación de cerdos en etapa de engorde, la dieta 25% desperdicio de galleta con 75% desperdicio de cocina, fue la que obtuvo una mayor ganancia de peso sobre las raciones 100% desperdicio de galleta y la ración 100% desperdicio de cocina, este resultado refuerza la teoría de que los desperdicios de cocina son un buen ingrediente acompañado de otros y más aún en raciones balanceadas, pero que utilizado enteramente como ración queda en clara desventaja.

Njoku *et al.* (2015), En un ensayo de cantidad de alimento ofrecida (1.5, 2.0 y 2.5 Kg) a cerdos de 8 semanas de edad y un peso promedio inicial de 9.67 Kg, los resultados mostraron que la ración de comida ofrecida influye significativamente en el peso, rendimiento de la canal, peso del hígado y corazón de los cerdos en crecimiento. Esto refuerza la idea de que la ganancia de peso en este estudio está íntimamente relacionada con el consumo de alimento.

Conversión Alimenticia Acumulada

Se determina que la conversión alimenticia semanal (Figura 6) acumulada de los cerdos, favorece al T0, con 4.14, siendo menor en promedio que el T1, con una conversión alimenticia acumulada de 7.16, aunque estadísticamente no existió diferencias.

Para Rodas y Obando (1999), la conversión alimenticia para sus tres dietas evaluadas resultó que la dieta 100% concentrado fue la que obtuvo la mejor conversión alimenticia con un valor de 3.804, seguido de la dieta 50% desperdicios de cocina y 50% desperdicios de galleta con una conversión de 7.417, y por último la dieta 100% desperdicios de cocina con una mayor conversión de 9.691, esto por el mayor consumo por parte de los cerdos y la eficiencia del alimento.

Según Ampié y Vaca (2003), para sus tres dietas evaluadas demostraron que cuando se utilizó 25% desperdicio de galleta y 75% desperdicio de cocina,

se obtuvo una mejor conversión alimenticia con un valor de 8.55, seguido del alimento con 100% desperdicios de galleta reportando una conversión de 9.65, y por último cunado usaron 100% desperdicios de cocina con mayor conversión de 10.95, esto por el mayor consumo por parte de los cerdos y la eficiencia del alimento.

Ventura (1989), señala para un ensayo con cerdos criollos en El Salvador, cuya duración fue de 63 días, se evaluó el maíz variedad Nutricita alto en lisina contra maíz común más lisina, se midió el peso de los animales y el consumo de alimentos. Los resultados indicaron que los animales que recibieron el tratamiento con maíz Nutricita presentaron las mejores ganancias de peso total y diario, mostrando un mayor consumo y conversión alimenticia. El tratamiento de maíz común más lisina presentó un pobre crecimiento y bajo consumo de alimento. Renaudeau, *et al.* 2006, evaluaron los efectos de la raza (Criollo y Large White), el sexo y la temporada, con el rendimiento de crecimiento individual y el comportamiento de alimentación de cerdos. La Conversión alimenticia fue mayor en Criollo que en Large White (3.65 vs. 2.58; $p < 0.01$). En el Criollo se observó que adquirió comidas menos frecuentes, pero comió más alimento por comida que Large White (5.9 vs. 8.8 comidas/d y 431 vs. 279 g/comida; $p < 0.01$). La tasa de ingesta de alimento fue menor (27.6 vs. 33.9 g/min; $p < 0.01$) y el tiempo de ingestión por día y por comida fueron más altos en Criollo que en Large White (87.1 vs. 69.7 min/día y 15.8 vs. 8.4 min/comida; $p < 0.01$).

Esto evidencia que a pesar que los desechos de cocina tienden a incentivar el consumo de los cerdos, no termina de ser un alimento tan eficiente como lo es el alimento concentrado, pues a pesar que el T1 consumió más alimento y ganó más peso, su conversión alimenticia es 3.02 unidades mayor que el T0, esto quiere decir que el T0 convierte 1 unidad de peso utilizando 3.02 unidades menos de alimento que el T1.

Rendimiento en canal

Para estas variables los rendimientos promedios de

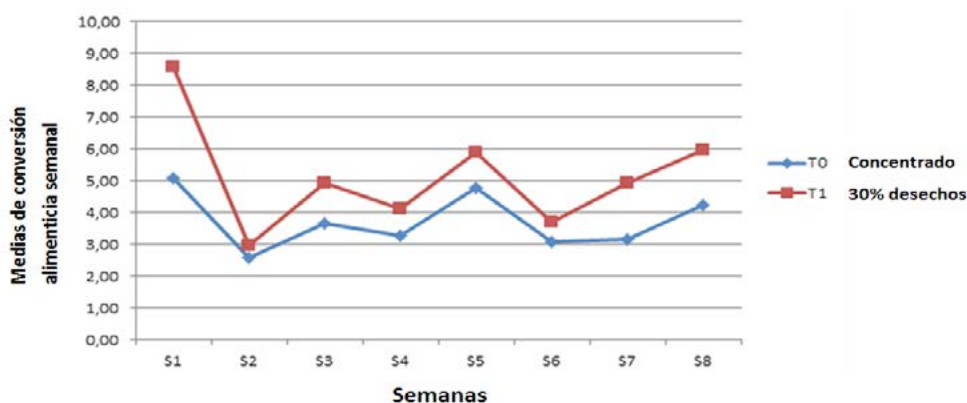


Figura 6. Medias de conversión alimenticia semanal.

ambos tratamientos son iguales en las variables % de sangre, % de cabeza, y que distan en tan solo 1% en % de canal, % de vísceras y % de patas y rabo. También distan en 1% en la pérdida que en este caso es atribuida al pelo que se le retiró a la canal durante el proceso de sacrificio y que no fue pesado, y al contenido del tracto digestivo que se pudo excretar durante el tiempo transcurrido entre el pesaje y el sacrificio.

Arana y Centeno (1999), reporta en una investigación descriptiva, los rendimientos en canal de cerdos de 90 kilogramos que fueron alimentados con diferentes dietas, los resultados para la alimentación con 100% desperdicios de cocina fue de 81.20% (incluye cabeza, patas y rabo). En cuanto a la utilización de 100% concentrado registra un rendimiento en canal de 77.25 (incluye cabeza, patas y rabo). Esto puede atribuirse a la diferencia de pesos y desarrollo de los cerdos entre ambas investigaciones, ya que Pinheiro (1973), menciona que los rendimientos en canal para un cerdo de 100 Kg son entre 75-79 Kg.

Santos *et al.* (2011), reporta en su estudio sobre los rendimientos en canal y desarrollo de órganos a diferentes pesos en cerdo pelón mexicano (Criollo), obteniendo estos resultados: para 25 Kg de peso el rendimiento en canal fue de 77.2%; 30 Kg de 77.0%; 35 Kg de 78.6%; 40% de 77.8 Kg y para los 45 Kg de 79.8, afirmando que a medida que se incrementó el peso al sacrificio, incremento el tamaño de los órganos, carne y grasa de los cerdos. Paredes *et al.* (2017) en

Perú, reportan en su experimento de alimentación de cerdos criollos negros cajamarquinos con dos dietas, rendimientos en canal de 69.6% para la dieta de desechos de restaurante y cama de aves, y para la dieta de concentrado un rendimiento en canal de 72.4%.

Análisis económico

A continuación, se presenta la evaluación de costos de producción por tratamiento, lo que sirvió para determinar cuál de las dietas suministradas a los cerdos produce una mejor utilidad bruta y neta.

Utilidad bruta

La utilidad bruta se obtuvo a partir del peso vivo promedio de los cerdos al finalizar la última semana de estudio, así como el promedio de peso en canal obtenido de cada tratamiento. El precio de venta del cerdo en pie, se estableció con base al arancel utilizado en la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), que es de USD\$3.85/kg y el de la carne se fijó según los precios de referencia de la zona donde se realizó el estudio, que es de USD\$6.60/kg. Los lechones se compraron a USD\$21 cada uno, este dato junto con los costos de alimento y fármacos se utilizaron para establecer la utilidad bruta.

Utilidad neta: Para obtener la utilidad neta se le restó a la utilidad bruta el transporte y otros gastos.

En el Cuadro 3, se presenta un resumen de la utilidad

bruta y neta para los dos tratamientos, tomando en cuenta el precio de venta en pie y canal.

Utilidad bruta = precio venta cerdos - (precio compra cerdo + costo de alimento + costo fármacos).

Utilidad neta = Utilidad bruta - (transportes + agua + mano de obra + sacrificio y faenado).

Cuadro 6. Utilidad neta, bruta en pie y canal por cerdo.

Tratamientos	Utilidad bruta (USD) en pie	Utilidad bruta (USD) en canal	Utilidad neta (USD) en pie	Utilidad neta (USD) en canal
T0	24.42	17.39	9.93	2.90
T1	28.06	21.43	13.57	6.94

CONCLUSIONES

Estadísticamente los parámetros productivos de consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia, no presentaron diferencias significativas para cerdos criollos alimentados con un nivel de desecho alimenticio y un tratamiento testigo. Sin embargo, para la variable ganancia de peso total y consumo total de alimento las medias favorecen al T1 (30% subproducto alimenticio). En la variable conversión alimenticia las medias favorecen al T0 (testigo con 100% concentrado) por presentar más eficiente.

Para las variables de faenado, los rendimientos promedios de ambos tratamientos distan en tan solo 1% en % de canal. Obteniendo promedios de canal de 52% para el T0 y 53% para el T1, por lo que con el tratamiento 1 (30% subproducto alimenticio) se obtuvo un mayor rendimiento en canal.

A pesar que el T1 consumió más alimento y ganó más peso, su conversión alimenticia fue de 7.16, mientras que la conversión alimenticia del T0 fue de 4.14. Por lo que el T0 convierte 1 unidad de peso utilizando 3.02 unidades menos de alimento que el T1, siendo éste más eficiente.

La utilidad neta, tanto en pie como en canal favoreció al tratamiento donde se utilizó subproducto alimenticio, obteniendo en pie USD\$3.64 más que el T0 (100% concentrado), mientras que en canal obtuvo USD\$4.04 más que el T0.

BIBLIOGRAFÍA

- Ampié Calero, S.A.; Vaca Morales, E.D. 2003. Evaluación del uso de desperdicio de cocina y residuos de galleta en diferentes niveles de inclusión en la alimentación de cerdos de engorde. Tesis. Ing. Agr. Managua, NI. UNA. 58 p.
- Arana Boza, C.M.; Centeno Sevilla, Y.M. 1999. Estudio descriptivo del rendimiento y espesor de la grasa dorsal en la canal de cerdos alimentados con diferentes tipos de dietas. Tesis. Ing. Agr. Managua, NI. UNA. 35 p.
- Chávez, I; Flores, O. 1992. Uso de cuatro dietas formuladas con ingredientes locales para cerdo criollo en fase de destete temprano. Tesis. Ing. Agr. San Salvador. SV. Universidad de El Salvador. 157 p.
- Criado, L.J; Castel, J.M; Delgado-Pertiñez, M. 2009. Efecto del sistema de distribución del alimento en el cebo del cerdo ibérico cruzado con duroc. *Agrociencia* 43(8):791-801.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Save Food: Global Initiative on Food Losses and Waste Reduction. En línea. Consultado 6 de marzo 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf>
- García contreras, A; De Loera, Y; Yagüe, A; Guevara, J; García, C. 2012. Alimentación práctica del cerdo feeding practices for pigs. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(1):21 - 50.
- Kim, Y.I.; Bae, J.S.; Jee, K.S.; McCaskey, T.; Kwak, W. S. 2011. Effects of Feeding a Dry or

- Fermented Restaurant Food Residue Mixture on Performance and Blood Profiles of Rats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 24(12):1744 - 1751. doi: <http://doi.org/10.5713/ajas.2011.11149>.
- Manterola, H; Cerda, D. 2014. Transformación de los subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en cerne y leche. INTA. Bonvernavé, Buenos Aires. 105 - 107p.
- Mata Alvarez, J; Macé, S; Llabrés, P. 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*. 74(1): 3-16.
- McKnight, T; Hess, D. 2000. Climate Zones and Types. *Physical Geography: A Landscape Appreciation*. NJ. Prentice Hall. 200 p
- Neira R; Vanegas M. 2002. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con desperdicios de cocina y residuos de galleta en la dieta, bajo distintos porcentajes de inclusión. Tesis. Ing. Agr. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 61 p.
- Njoku, C.P; Adeyemi, O.A; Sogunle, O.M; Aina, A.B. 2015. Growth performance, carcass yield and organ weight of growing pigs fed different levels of feed. *Slovak J. Anim. Sci.* 48 (1): 16-22.
- NRC (National Research Council). 1998. Nutrient requirements of Swine. 10th Revised Edition. National Academy Press; Hadleigh : BRAD, Washington, D.C. USA.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. Riesgos a la salud por la crianza de cerdos alimentados en sitios de disposición final de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Organización panamericana de la Salud y CEPIS. Lima, Perú. 42p.
- Paredes Arana, M; Vallejos Fernández, L; Mantilla Guerra, J. 2017. Efecto del tipo de alimentación sobre el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de carne del cerdo criollo negro cajamarquino. *Rev. Inv. Vet. Peru.* 28 (4): 894-903.
- Pleitez, J; Mejía, O.E.; Araujo Santin, J. 2003. Diagnóstico de los Recursos Zoogenéticos en El Salvador (En Línea). Consultado el 27 de Noviembre de 2016. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/.../annexes/CountryReports/ElSalvador.pdf>
- Pinheiro Machado, L.C. 1973. Los cerdos. Editorial Buenos Aires: Hemisferio Sur. Argentina. 526 p.
- Quinian, J. 1990. The management of piglet immunity. *Rev. Pig International*. 20(11): 14-16.
- Ramírez V; Peñuela L; Pérez M. 2017. Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista Ciencias Agrícolas* 34(2):107-124
- Ramírez Zúñiga, G. 2011. Comportamiento de cerdos de traspatio en etapa de crecimiento alimentados con dietas a base de desperdicio de comedor y cocina. Tesis. Ing. Agr. Zootecnista. Saltillo, Coahuila, MX. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 52 p
- Rodas Blandón, J.G.; Obando García, F.J. 1999. Inclusión de desperdicios de cocina y galleta en la alimentación de cerdos de engorde. Tesis. Ing. Agr. Managua, NI. UNA. 47 p.
- Santos Ricalde, R.H; Trejo Lizama, W; Osorto Hernandez, W. 2011. Rendimiento de la canal y desarrollo de los órganos torácicos y abdominales de los 25 a los 45 kg en cerdos criollos pelones. *FCV-LUZ*. 21(5): 396-402.
- Solà Oriol, D; Roura, E; Torrallardona, D. 2009. Feed Preferences in pigs: Effect of cereal sources at different inclusion rates. *J. Anim. Sci.* 87: 562-570.
- Ventura, J.A. 1989. Mejoramiento de la productividad del cerdo criollo. El Salvador. In Informe VII reunión anual. IICA-RISPAL. Red de investigación en sistemas de producción animal en Latinoamérica. Ed. Ruiz, M. Programa II: Generación y transferencia de tecnología. P 135-148.
- Ventura, L; Ventura, C. 2017. Efecto de la incorporación de vísceras de pollo cocidas en la alimentación de cerdos de línea comercial durante las etapas de desarrollo y engorde. Tesis. Lic. MVZ. San Salvador. SV. Universidad de El Salvador. 62 p.
- Villanueva, C.; Sepúlveda, C.; Ibrahim, M. 2011.

Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 260p.

Westendorf, M.; Schuler, T.; Zirkle, E. W. 1993. Nutritional Quality of Recycled Food Plate Waste in Diets Fed to Swine. *The Professional Animal Scientist*. 15(2):106 - 111.



<https://revistaagrociencia.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Efecto del *Enterococcus faecium* en el desarrollo y crecimiento intestinal de pollos de engorde

Effect of *Enterococcus faecium* in the development and growth of intestinal broilers

Cartagena-Vásquez, B.L¹; Mejía Hernández, J.A¹; Alvarado-Panameño, J.F¹

RESUMEN

En la alimentación, los animales se exponen a bacterias y sustancias tóxicas, donde el epitelio intestinal actúa como una barrera natural ante estos patógenos. La ingesta de bacterias probióticas influye positivamente en el desarrollo y función de órganos digestivos, mejorando los parámetros fisiológicos, nutricionales e inmunológicos. El objetivo de esta investigación fue evaluar diferentes dosis de cepa probiótica *Enterococcus faecium* (1g/qq, 1.75g/qq y 2g/qq), sobre el crecimiento y desarrollo intestinal en pollos de engorde durante su etapa productiva. El estudio se realizó durante seis meses en la unidad experimental de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, San Salvador. Se utilizaron 100 pollos de engorde (Arbor Acres) de un día de edad; se emplearon cuatro grupos con cuatro repeticiones, constituidas por seis unidades experimentales cada uno. La inclusión de *Enterococcus faecium* en la alimentación de pollos de engorde en dosis de 1.75g/qq de concentrado mejoraron el crecimiento y desarrollo intestinal, en vellosidades con altura de 1,211.34µm, ancho 147.7µm, y criptas menos profundas 164.30µm (p<0.05); se vio reflejado en pollos con un peso final de 2,195.5g a la sexta semana, ganancia diaria promedio de 58.75g durante la semana seis e índice de conversión alimenticia de 1.85 (p<0.05), lo que ofrece una ventaja en la industria avícola, porque puede ser utilizado en la alimentación durante todo el ciclo productivo como promotor de crecimiento, para percibir un aumento significativo en el peso de los pollos de engorde, así como obtener beneficios económicos y comerciales.

Palabras clave: *Enterococcus faecium*, probiótico, desarrollo intestinal, pollos de engorde.

ABSTRACT

In the diet, the animals are exposed to bacteria and toxic substances, where the intestinal epithelium acts as a natural barrier against these pathogens. The intake of probiotic bacteria positively influences the development and function of digestive organs, improving the physiological, nutritional and immunological parameters. The objective of this research was to evaluate different doses of probiotic strain *Enterococcus faecium* (1g/qq, 1.75g /qq and 2g/qq), on the growth and intestinal development in broilers during their productive stage. The study was carried out for six months in the experimental unit of the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador, San Salvador. 100 one-day-old broilers (Arbor Acres) were used; Four groups with four repetitions were used, consisting of six experimental units each. The inclusion of *Enterococcus faecium* in the feed

1 Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
cartbyron@gmail.com, javier_mejiahz@hotmail.com, jfranciscosv@yahoo.com

of broilers in doses of 1.75g / qq of concentrate improved intestinal growth and development, in villi with height of 1,211.34 μ m, width 147.7 μ m, and shallow crypts 164.30 μ m ($p < 0.05$); was reflected in chickens with a final weight of 2,195.5g in the sixth week, an average daily gain of 58.75g during week six and a feed conversion index of 1.85 ($p < 0.05$), which offers an advantage in the poultry industry, because it can be used in feeding throughout the production cycle as a growth promoter, to perceive a significant increase in the weight of broilers, as well as to obtain economic and commercial benefits.

Keywords: *Enterococcus faecium*. probiotic, intestinal development, broiler chickens.

INTRODUCCIÓN

La avicultura es una actividad que ha alcanzado grandes avances en las últimas décadas, esto se debe principalmente a la acción conjunta entre genética, sanidad, manejo y nutrición (Chávez *et al.* 2016). En los sistemas de producción tradicionales, se maneja una alta densidad de aves en el galpón, éstas se enfrentan a diferentes agentes patógenos que pueden ocasionar enfermedades y afectar negativamente la producción. Para evitar este problema, a nivel mundial a lo largo de los años se han utilizado los antibióticos como promotores de crecimiento (APC), los que mejoran la tasa de crecimiento, la salud y el bienestar de los animales (Chávez 2014).

En la actualidad, hay una preocupación creciente por patógenos alimenticios que se transmiten de los animales de granja a la población humana; incluso en los países más desarrollados y esto debido a la ausencia de alternativas. Hasta ahora, la mayoría de los intentos para controlar la microflora gastrointestinal en pollos se ha hecho con la utilización de antibióticos de amplio espectro. Sin embargo, la reciente y creciente preocupación por la diseminación de genes resistentes a antibióticos, ha conducido a la prohibición del uso profiláctico de muchos antibióticos. Por tal motivo, como estrategia terapéutica de origen nutricional se ha propuesto la inclusión de probióticos, ya que se ha reportado que estos podrían mejorar los parámetros productivos, nutricionales, fisiológicos, así como un mayor tamaño de vellosidades intestinales y menor profundidad de criptas en algunas especies animales (Chávez *et al.* 2016). No obstante, a la fecha ninguno de estos productos alternativos desarrollados ha proporcionado una solución general que resulte efectiva en una amplia variedad de condiciones (Apajalahti y Kettunen 2002).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto entre diferentes dosis del *Enterococcus faecium* en el crecimiento, desarrollo intestinal y parámetros zootécnicos de pollos de engorde, mediante la realización de técnicas histológicas, con el fin de promover una alternativa viable que pueda sustituir el uso de antimicrobianos como promotores de crecimiento en este rubro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, duración y unidades experimentales

El estudio se desarrolló en un periodo de 10 meses. Se utilizaron 100 pollos de engorde (línea Arbor Acres) de un día de edad, y se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos, suministrándoles diferentes dietas compuestas de producto alimenticio y distintas dosis de cepa probiótica (CP) en gramos, por quintal de alimento comercial.

Metodología de campo

La fase de campo se realizó en un área del vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (13°43.14.04" Latitud Norte y 89°12'15.56" longitud oeste) a 710 msnm, humedad relativa del 72% y una temperatura promedio de 72%. Se tomó el peso inicial en forma individual (g) y la parvada; posteriormente se realizaron tomas de peso semanalmente hasta completar las seis semanas (ciclo productivo), y sacrificio de la población. Se evaluaron cuatro grupos (T0= alimento comercial (testigo), T1= alimento comercial +1.75g CP, T2= alimento comercial + 1g CP, y T3= alimento comercial + 2.5g CP), con cuatro repeticiones y seis unidades experimentales por cada grupo, ubicados en galeras en una relación de 10 pollitos por metro cuadrado. La cepa probiótica *Enterococcus faecium* (presentación

comercial en microcápsulas), se adicionó mediante premezcla del probiótico en 200 gramos de calcio. Todos los individuos se alimentaron con concentrado comercial, según la etapa cronológica, utilizando concentrado iniciador (23% proteína), desde el día 1 hasta el día 21, luego concentrado finalizador (19% proteína), y se consideraron tres días de transición para el cambio del alimento.

Sacrificio y obtención de intestinos

Se realizó al cumplirse las seis semanas de vida de los pollos, mediante el método de degüello, fueron sometidos a ayuno de 12 horas para favorecer su vaciado con el propósito de obtener los intestinos, la extracción se hizo desde la salida de la molleja hasta la entrada del recto, con corte inmediatamente después de las válvulas ileocecales. Los intestinos se conservaron en formalina al 10% hasta su procesamiento.

Metodología de laboratorio

Se realizó en el laboratorio de Histotecnología del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador. Para los cortes histológicos, se utilizó el procedimiento propuesto por Montalvo (2010), iniciando con la fijación de tejidos en formalina al 10%; posteriormente se efectuó la deshidratación, aclaramiento e inclusión en parafina de los tejidos. Luego se ejecutaron cortes de seis micras de grosor, y se tiñeron con eosina-hematoxilina para el posterior análisis microscópico de las criptas y vellosidades.

Evaluación microscópica y análisis morfométrico

Los cortes histológicos se analizaron cuantitativamente mediante un procesamiento de imágenes digitales computarizadas; estas se capturaron con una cámara microscópica digital. Se midió la longitud (altura y ancho) de las vellosidades intestinales y la profundidad de criptas (intestinales) por medio del software "AmScope".

Análisis estadístico

Se realizó la prueba estadística de diferencia mínima significativa. Para determinar el efecto producido por la variable independiente (adición de distintas dosis de cepa probiótica en el alimento), se registraron las variables dependientes: ganancia de peso semanal, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad, crecimiento de vellosidades intestinales y profundidad de criptas intestinales.

Análisis socioeconómico

La relación beneficio/costo se analizó según los parámetros de la CIMMYT (Centro de Investigación de Mejoramiento del Maíz y Trigo) evaluando lo económico a través de un presupuesto que incluye costos fijos y análisis de dominancia, con base a una tasa marginal de retorno, lo que permitió mostrar la mejor relación beneficio-costos dentro de los tratamientos utilizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de peso

Para la ganancia de peso, adicionar cualquiera de las tres dosis de *Enterococcus faecium* en la dieta de los pollos de engorde, reflejó mejores ganancias de peso semanal, cuando se compararon con los pollos alimentados únicamente con concentrado comercial. Los mejores rendimientos se obtuvieron en el tratamiento 1 (con adición de 1.75 g de *Enterococcus faecium* por quintal de alimento) con una ganancia diaria promedio de 58.75 g durante la semana seis y un peso final de 2,195.5 g por tratamiento a la sexta semana, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$), coincidiendo con lo reportado por Chávez (2014) que expresa que la inclusión de probióticos, específicamente de *E. faecium*, mejoró los parámetros productivos ($P < 0.05$) como: peso, conversión, porcentaje de supervivencia, índice productivo y eficiencia alimenticia.

Estadísticamente el tratamiento T1 obtuvo mejores resultados en los pesos finales con una media de

2195.4, seguido del tratamiento T3 con una media de 2103.8, luego el tratamiento T2 con una media de 1994.39 y finalmente el tratamiento T0 con una media de 1905.2. Las medias de los pesos de los tratamientos en estudio mostraron diferentes efectos

en la ganancia de peso, los mayores desempeños son para el tratamiento T1 que corresponde a la dieta de concentrado +1.75 g de probiótico, seguido de T3, T2 y T0 (Figura 1).

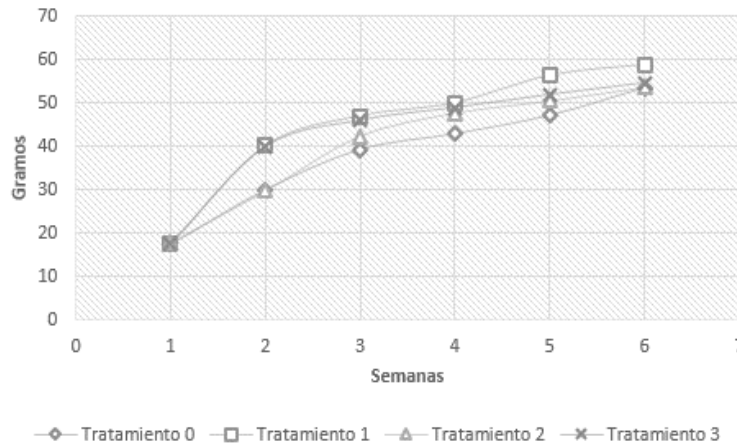


Figura 1. Ganancia de peso semanal en pollos de engorde de la línea Arbor Acres.

Conversión alimenticia

Los valores del índice de conversión alimenticia semanal de los tratamientos en estudio mostraron tener diferentes efectos en la ganancia de peso, los mejores resultados corresponden al tratamiento T1 seguido de T3, T2 y T0 (Figura 2). Esto concuerda con Samli *et al.* (2007), quienes determinaron que adicionar

una cepa de *Enterococcus faecium* en la dieta de pollos de engorde en una presentación experimental, generó índices de conversión alimenticia de 1.99, debido a un mayor desarrollo de las estructuras intestinales encargadas del aprovechamiento de nutrientes, traduciéndose en una mayor eficiencia en el desempeño.

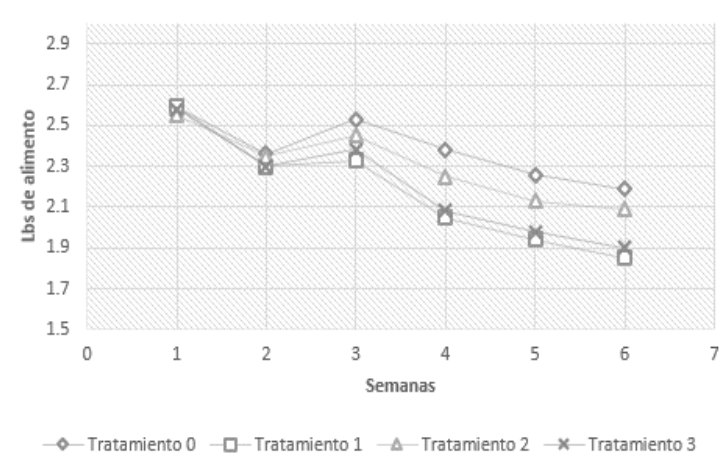


Figura 2. Índice de conversión alimenticia en pollos de engorde de la línea Arbor Acres.

Mortalidad

Con respecto a la variable mortalidad, los tratamientos experimentales se comportaron de manera similar, solo hubo una muerte en el tratamiento T1, relacionada más con factores ambientales que con agentes infecciosos. Sin embargo, el uso de probióticos representa una alternativa de prevención de patologías digestivas en la industria avícola, para lo cual Cobos *et al.* 2006, menciona que los probióticos ayudan a mejorar el proceso digestivo, promover un ambiente intestinal sano, modifican la composición o actividad de la microflora intestinal. *Enterococcus faecium*, ha sido utilizada en la prevención de problemas diarreicos en animales jóvenes que presumiblemente también beneficia el proceso crecimiento-finalización, al proporcionar un mejor ambiente intestinal, lo que permite mayor aprovechamiento de los nutrientes y una disminución en la cantidad de muertes relacionadas con trastornos digestivos. La adición de probióticos en la dieta permite aumentar la respuesta inmune y mantener la integridad de la mucosa intestinal, favoreciendo a competir de la zona en adherencia a nivel intestinal, creando de esta forma una barrera protectora ante los agentes patógenos.

Desarrollo Intestinal

Se observaron las vellosidades intestinales con las estructuras, presentaron un largo mayor en los tratamientos con adición de cepa probiótica, y mejores resultados el T1, donde el valor promedio fue de 1211.34 μm , seguido del tratamiento T3 con valor promedio de 1149.59 μm y T2 con un promedio 888.71 μm ($P < 0.05$) (Figura 1), valores superiores a los de ave con dieta basal que oscilan una altura de 612 μm , según lo manifestado por Van der y Jansman (2002).

En cuanto a las criptas intestinales se observaron las estructuras con una profundidad menor en los tratamientos con adición de cepa probiótica, reflejaron mayores pesos al final de ciclo productivo, siendo menos profundas las criptas pertenecientes al T3 con un valor promedio 147.7 μm , seguido del

T1, T2 y por último el T0 con un valor promedio de 174.38 ($P < 0.05$) (Figura 2). Esto concuerda con lo expresado por Martínez D. (2017) quien manifestó que en las criptas se lleva a cabo la restitución de enterocitos que recubren la vellosidad y al necesitarse un reemplazo más eficiente de la capa de estos, la actividad proliferativa es también mayor en las criptas, en consecuencia, el mayor largo de las criptas está asociado a un mayor gasto nutricional.

El análisis del comportamiento productivo de los pollos durante 42 días refleja que los animales bajo acción probiótica (T1, T2, T3), mostraron una mejora en los índices de desarrollo intestinal con respecto a los animales control (T0) ($P < 0.05$). Estos alcanzaron mayor peso y largo de vellosidades a la sexta semana, en contraste con aquellos alimentados únicamente con concentrado comercial que presentaron pesos (1905.2g) y largo de vellosidades intestinales inferiores (575.09 μm) (Figura 1), como expresa Chávez *et al.* (2016), reportando que la inclusión de probióticos, específicamente *E. faecium* en la alimentación de pollos de engorde, mejora la profundidad de criptas, el diámetro y altura de vellosidades intestinales ($p < 0.01$), lo cual refleja una mayor ganancia de peso, desarrollo y crecimiento de órganos de importancia digestiva, específicamente el intestino; lo que podría mejorar la absorción de nutrientes y por consiguiente la salud de los animales.

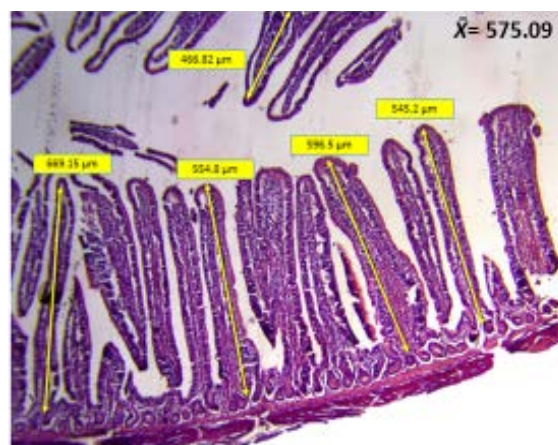


Figura 3. Corte intestino delgado de pollo, mostrando las vellosidades intestinales.

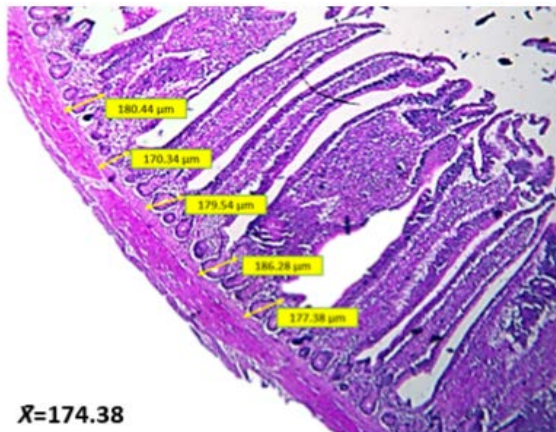


Figura 4. Corte intestino delgado de pollo, mostrando las criptas intestinales.

Análisis económico

Presupuesto Parcial y análisis de dominancia

El tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto fue el T1 (con adición de 1.75 g de la cepa probiótica) con USD\$28.15, seguido por el T3 con USD\$22.6, el T1 con USD\$18.36 y por último el T2 con USD\$17.00. Además, se puede concluir que los tratamientos T2 y T3, son dominados, ya que presentan beneficios netos menores y costos variables mayores, comparados con el resto de los tratamientos que poseen beneficios netos mayores y menores costos variables (Cuadro 1). En cuanto a la Tasa de Retorno Marginal (TRMg), el avicultor al invertir en la adición de *Enterococcus faecium* en la dieta de los pollos de engorde, le producirá una tasa de retorno marginal de 145% ($TRMg = 9.79/6.75 * 100 = 145\%$), significando que, por cada dólar invertido en la adición de la nueva tecnología, el avicultor espera recuperar su dólar, mas \$1.45 adicional.

Cuadro 1. Análisis de dominancia

Tratamiento	Costos variables	Beneficios netos	
T0	78.50	18.36	
T2	84.50	17	D
T1	85.25	28.15	
T3	86.00	22.60	D

CONCLUSIONES.

La adición de probiótico (*E. faecium*), en la alimentación para pollos de engorde (línea Arbor Acres), demuestra tener efectos positivos sobre los parámetros zootécnicos como ganancia de peso, conversión alimenticia y pesos finales, al adicionar 1.75 g de cepa probiótica por quintal de alimento concentrado.

E. Faecium demostró tener efectos favorables sobre el desarrollo y crecimiento intestinal, reflejando mayor crecimiento y grosor de las vellosidades intestinales y una menor profundidad de las criptas intestinales, esto favorece la absorción de nutrientes y una mejor eficiencia nutricional.

Económicamente la adición de *E. faecium*, demostró tener mejor relación beneficio-costos con aumento en el rendimiento económico para los productores y en la disminución de antibióticos en el producto de consumo final.

BIBLIOGRAFÍA

- Apajalahti, J; Kettunen, A. 2002. Efecto de la dieta sobre la flora microbiana en el tracto gastrointestinal de ave. In XVIII Curso de especialización FEDNA. (18, 2002, Barcelona, España). Dieta y microflora de las aves. Kantvik, Finland. p.41-42.
- Chávez, L. 2014. Evaluación de cepas probióticas (*L. acidophilus*, *L. casei* y *E. faecium*) como inmunomoduladores nutricionales en pollos de engorde. Master en Ciencias Agrarias. Medellín. Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Chávez, L.A., López, A. y Parra, J. E. 2016. Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. Medellín. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. p.51-52
- Cobos, M.A, Reyes, I. Figueroa, J.L, Sánchez-Torres, M.T, Zamora, V y Cordero, J.L. 2006. Probiótico (*Enterococcus faecium*) adicionado a dietas estándar y con baja proteína para cerdos. Estado de México, MX. Programa de ganadería. Campus

Montecillo, P 10.

Martínez, D. 2017. Desarrollo de un sistema de variables histológicas como indicadores de salud intestinal y eficiencia nutricional. Lima, Perú. p.8-15

Montalvo, C. 2010. Técnicas Histológicas, D.F, México. Universidad Autónoma de México. 1-196p.

Pratt, E.V, Ros, S.P. y Keeling, A. 2002. Effect of ambient temperatura on losses of volatile nitrogen compounds from stored laying hen manure. Bioresources Tech.

Samli, H.E, Senkoylu, N. Koc, F. Kanter M, Agma A, 2007. Effects of Enterococcus faecium and dried whey on broiler performance, gut histomorphology and intestinal microbiota. Tekirdag, Turkey, Namık Kemal University, Department of Animal Science, p.3-8.

Van der. K y Jansman, 2002. Actuaciones nutricionales para mitigar problemas de salud intestinal en aves. Manager poultry research, Schothorst feed research.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>



Artículo de investigación

Determinación de la proporción sexual de tortugas Carey (*Eretmochelys imbricata*) inmaduras, mediante la detección de testosterona por medio de la prueba de ELISA

Determination of the sex ratio of immature Hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) by detecting testosterone with the ELISA test

Chavarría-Pérez, I.M¹ Melara Soriano, M¹, Liles, M.J², Castro-Menjivar, J.A³

RESUMEN

La determinación de proporción sexual de tortugas marinas en hábitats forrajeros es de gran interés para su conservación. Estos individuos carecen de características sexuales secundarias, dificultando el sexado; por ello, el uso de técnicas como el ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) para la medición de testosterona, es importante para la investigación de vida silvestre. El estudio se realizó en la Bahía de Jiquilisco, Usulután, El Salvador, entre los meses de agosto 2017 y febrero 2018. Se recolectaron 77 muestras sanguíneas en tortugas Carey (*Eretmochelys imbricata*) juveniles de las que se extrajo plasma sanguíneo. Las muestras fueron enviadas al laboratorio endocrinológico del Southwest Fisheries Science Center (SWFSC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) en La Jolla, California, Estados Unidos, para realizar la técnica de ELISA. En los resultados se demuestra una proporción sexual de tortugas Carey 5.8:1 (hembras/macho). Los valores de concentración de testosterona de hembras inmaduras tuvieron una variación de 7.7-77.20 pg/ml. Mientras que los machos inmaduros presentaron una variación entre 660.30-3083.20 pg/ml. Respecto a la correlación entre concentración de testosterona y largo curvo de caparazón, se obtuvo una probabilidad de $p=0.783$ en hembras y una probabilidad de $p=0.0847$ en machos, por lo que no existe relación significativa; para las variables concentración de testosterona y peso se obtuvo una probabilidad $p=0.741$ en hembras y una probabilidad de $p=0.7382$ en machos, por lo que no existe una relación significativa. Concluyendo que el uso de parámetros morfométricos no es confiable para el sexado de individuos inmaduros y que el uso de la técnica de ELISA de testosterona es una opción segura y confiable para la determinación de sexo en tortugas marinas inmaduras.

Palabras clave: *Eretmochelys imbricata*, proporción sexual, testosterona, ELISA, zonas de alimentación, Bahía de Jiquilisco.

ABSTRACT

The determination of the sex ratio of sea turtles in forage habitats is of great interest for their conservation. These individuals lack secondary sexual characteristics, making sexing difficult; therefore, the use of techniques such as enzyme-linked

1 Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. marie_chavarría@yahoo.com, mauri-vet@hotmail.com

2 Iniciativa Carey del Pacífico Oriental (ICAPO), Director externo. Email: mliles@hawksbill.org

3 Docente director. Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. jorcel_vet@yahoo.com

immunosorbent assay (ELISA) for the measurement of testosterone is important for wildlife research. The study was carried out in Jiquilisco Bay, Usulután, El Salvador, between the months of August 2017 and February 2018. 77 blood samples were collected from juvenile Hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) from which blood plasma was collected. The samples were sent to the endocrinology laboratory of the Southwest Fisheries Science Center (SWFSC) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) in La Jolla, California, United States, to perform the ELISA test. The results demonstrate a 5.8:1 hawksbill sex ratio (female/male). The testosterone concentration values of immature females had a variation of 7.7-77.20 pg/ml. While the immature males presented a variation between 660.30-3083.20 pg/ml. Regarding the correlation between testosterone concentration and carapace length, a probability of $p=0.783$ was obtained in females and a probability of $p=0.0847$ in males, so there is no significant relationship; for the variables testosterone concentration and weight, a probability $p=0.741$ was obtained in females and a probability of $p=0.7382$ in males, so there is no significant relationship. Concluding that the use of morphometric parameters is not reliable for the sexing of immature individuals and the use of the testosterone ELISA technique is a safe and reliable option for sex determination in immature sea turtles.

Key words: *Eretmochelys imbricata*, sex ratio, testosterone, ELISA, feeding areas, Jiquilisco bay.

INTRODUCCIÓN

La determinación de la proporción sexual es un tema de gran interés en la biología y conservación de las tortugas marinas, ésta se ve dirigida por la temperatura de incubación de los huevos; temperaturas mayores de la temperatura pivote (temperatura que produce 50% de hembras y 50% de machos) producen un mayor porcentaje de hembras y temperaturas menores, origina un mayor porcentaje de machos (Lande 1988). Se desconoce la proporción sexual natural de las poblaciones de tortugas marinas en estadio inmaduro, y si esta varía entre las diferentes poblaciones (Wibbel 2003).

En diferentes estudios se han obtenido proporciones altamente parcializadas de neonatas hembras; únicamente hay una mayor producción de machos correspondiente a los meses en los que existe un descenso en la temperatura (Marcovaldi *et al.* 2014). A partir de estos datos se han presentado estudios acerca de la amenaza del cambio climático en la biodiversidad de las especies (Liles *et al.* 2019).

El primer estudio en el que se evaluó la proporción sexual de la población forrajera de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) fue en el Pacífico Oriental, se realizó con el fin de determinar el sexo de los especímenes y posteriormente obtener la proporción entre hembras y machos de la especie; los resultados fueron congruentes para el análisis de ELISA, laparoscopia y el Radioinmunoensayo, obteniendo una alternativa

para la determinación sexual de los individuos, que evita el uso de métodos invasivos y de mayor costo. La técnica de ELISA ha sido utilizada en especies marinas para el control de su salud, reproducción, respuesta al estrés y determinación sexual, es una técnica precisa y de menor costo (Allen *et al.* 2015).

En la República de El Salvador, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y las leyes nacionales, brindan protección a la tortuga Carey por ser una especie en peligro crítico de extinción (Liles *et al.* 2014). Existen normativas que prohíben la recolección y venta de huevos de tortugas marinas para fines distintos de conservación y que mitigan su captura incidental en la pesca. Sin embargo, la aplicación de estas medidas es limitada por parte de las autoridades (Liles *et al.* 2011). En El Salvador no se cuenta con investigaciones para determinar la proporción sexual en esta especie en estadio inmaduro, lo que dificulta su conservación. El conocimiento de estos datos puede dar lugar a la formulación de estrategias de conservación y proyección de supervivencia de la especie (Campbell 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Bahía de Jiquilisco, ubicada en el departamento de Usulután al oriente de El Salvador, en las siguientes coordenadas: 13° 13' Latitud Norte y 88° 32' Longitud Oeste en la parte Central, 13° 15' Latitud Norte y 88° 49' Longitud Oeste en el Sur occidente y 13° 15' Latitud Norte y 88° 21'

Longitud Oeste en el extremo nororiental (MARN, 2013a); el lugar presenta una altura mínima de los cero metros sobre el nivel del mar (msnm) y la altitud máxima registrada es de 40 msnm (MARN, 2013b); las condiciones climáticas que caracterizan la zona son temperaturas en promedio de 26.7°C, con oscilaciones desde los 20.3°C a 34.6°C, como temperatura máxima. En cuanto a la humedad relativa, va desde los 65.15% durante la época seca y de 78.15% en época lluviosa (MARN 2013a).

El estudio se realizó entre los meses de agosto 2017 y febrero 2018; las unidades experimentales a tomar en cuenta fueron 77 individuos de la especie de tortuga Carey inmaduros con largo curvo de caparazón (LCC) <85 cm que se encontraron en zonas de alimentación que pertenecen a la Bahía de Jiquilisco, Usulután, El Salvador.

Metodología de campo

Captura de individuos

La captura de los ejemplares se llevó a cabo mediante el embarque de lanchas y con la colaboración de tres pescadores de la zona; se realizó por medio de la visualización de la tortuga. Cuando se observó la cabeza del individuo a flote, se procedió a realizar el lanzamiento en forma de media luna con una red artesanal; al capturar a la tortuga se procedió a levantarla y posicionarla en la lancha.

Extracción de muestra de Sangre

Las muestras de sangre fueron extraídas del seno cervical dorsal (Wyneken 2004). Para la recolección de las mismas, se utilizaron tubos con heparina de litio con capacidad de 4 ml. Las muestras fueron trasladadas a la estación biológica ubicada en la isla de San Sebastián, El Salvador. Se realizó la centrifugación de las muestras a 5,000 rpm, durante diez minutos. Posteriormente se colocó la alícuota de 2 ml de plasma sanguíneo en un criovial con capacidad de 3 ml y se almacenó a una temperatura de -180°C hasta la ejecución del análisis.

Metodología de laboratorio.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio endocrinológico del SWFSC de la NOAA, para su procesamiento y análisis, además se utilizó el kit comercial de ELISA (Catalogo # ADI-900- 065, Enzo Life Sciences®, Plymouth, PA) para detección de testosterona y determinar su concentración en las muestras de plasma obtenidas, todas estas muestras fueron cuantificadas con su respectivo duplicado.

Análisis estadístico

Los métodos estadísticos utilizados son de tipo descriptivo e inferencial; se hizo uso de gráficos, cuadros y medidas de dispersión, así como el programa informático Excel® para el procesamiento y análisis de datos, además del Software de análisis estadístico InfoStat (Lenguaje de programación).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron las muestras de 77 tortugas Carey inmaduras mediante la técnica de ELISA para testosterona (Cuadro 1), presentan la distribución de los datos obtenidos correspondientes al número de hembras, machos y especímenes de sexo desconocidos.

Cuadro 1. Clasificación sexual de los especímenes de tortuga Carey muestreados en la bahía de Jiquilisco, El Salvador.

Muestras	Frecuencia	Porcentaje (%)
Hembra	64	83.1
Macho	11	14.3
Desconocido	2	2.6
Total	77	100.0

Para obtener la proporción sexual se utilizó lo formula:

$$P = a/b \quad P = 64/11 = 5.81$$

donde: a= Número de hembras; b= Número de machos.

La proporción sexual de tortugas Carey inmaduras en la Bahía de Jiquilisco, El Salvador, es de 5.8:1 (hembra/macho). En el estudio de Allen *et al* (2015), se obtuvo una proporción sexual estimada de 3.5:1 (hembras/machos) en la población forrajera de tortugas verdes en la Bahía de San Diego, Estados Unidos. Mientras en este estudio de El Salvador, se obtuvo una proporción de 5.8:1 (hembra/macho), por lo que se tiene una parcialización de tortugas hembra en la población de tortugas Carey inmaduras en Bahía de Jiquilisco, El Salvador (Cuadro 1). Es importante determinar la variación de la proporción sexual entre diferentes especies y poblaciones, para determinar la existencia de diferencia significativa en cuanto a la variación entre proporciones, poblaciones, esto facilita la comprensión de la dinámica reproductiva de la especie (Chaloupka *et al.* 2012). Los escenarios de cambio climático indican que el problema de la feminización casi completa para ciertas poblaciones de diferentes especies de tortugas marinas, podría ocurrir dentro de los próximos diez a quince años, por lo que el monitoreo de las variaciones de la proporción sexual es crucial, ya que esta información puede ser de carácter predictivo en relación a las amenazas de cambio climático y conservación de la especie. La técnica de ELISA es una opción segura para la cuantificación de testosterona en tortugas marinas inmaduras, debido a que es poco invasiva y

reduce los costos de investigación en comparación de otras técnicas que requieren mayor uso de recursos para su ejecución en campo.

En el caso de la tortuga Carey de la zona forrajera de la Bahía de Jiquilisco, El Salvador, los valores de testosterona de hembras inmaduras tuvieron una variación de 7.7–77.20 pg/ml, con una media de 26.24 pg/ml. Mientras que los machos inmaduros presentaron una variación entre 660.30–3083.20 pg/ml, con una media de 1671.16 pg/ml (Cuadro 2). Es importante establecer los valores de referencia de la concentración de testosterona plasmática para las diferentes especies, estos datos son un indicador de salud y en la determinación del sexo de los especímenes.

Según Allen *et al.* (2015), en las hembras de tortuga verde inmaduras, su rango de concentración de testosterona es de 4.1–113.1 pg/ml y en machos inmaduros es 198.4–2,613.0 pg/ml; mientras que, para hembras maduras, el rango de concentración de testosterona es de 4.6–281 pg/ml, y en machos 112.4–112,094.2pg/ml. Según Al-hasbi *et al.* (2006), los rangos de concentración de testosterona entre machos y hembras son amplios; sin embargo, al mismo tiempo son bien diferenciados, esto es consistente con los resultados de este estudio en El Salvador, así como el estudio de Allen *et al.* (2015) en tortugas verde.

Cuadro 2. Concentración de testosterona en tortugas Carey inmaduras, muestreados en la bahía de Jiquilisco, El Salvador.

Sexo	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana
Desconocido	2	167.5	76.65	113.3	221.7	167.5
Hembra	64	26.25	12.69	7.7	77.2	24.55
Macho	11	1671.16	853.2	660.3	3743.5	1622.8

Según los resultados la variable largo curvo de caparazón, no tienen relación respecto a la concentración de testosterona, tanto para hembras (Figura 1), como para machos (Figura 2), es una medida poco confiable para ser considerada representativa al momento del sexado de un individuo inmaduro. Según Chacon-Chaverri (2004) y Eckert *et al.* (1999), para individuos adultos, el sexado no genera dificultad debido a que los machos presentan características

sexuales secundarias durante la pubertad, tales como el largo de cola, morfología del caparazón y la morfología característica de uñas en las aletas delanteras; mientras que en individuos inmaduros estas características no han sido desarrollados por lo que, esta práctica debe ser realizada con precaución en individuos que no hayan llegado a la madurez sexual

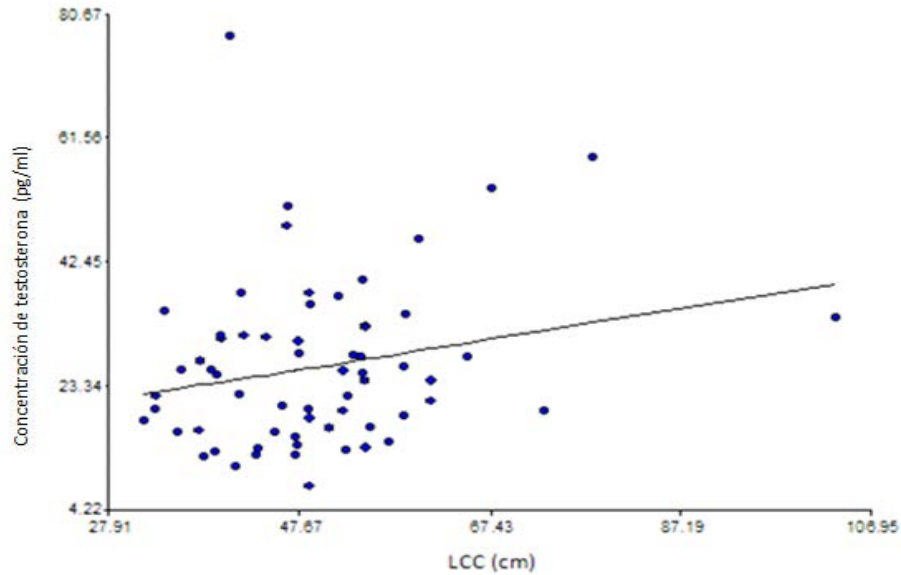


Figura 1. Relación entre concentración de testosterona y largo curvo de caparazón de tortugas hembra de tortugas Carey (*Eretmochelys imbricata*).

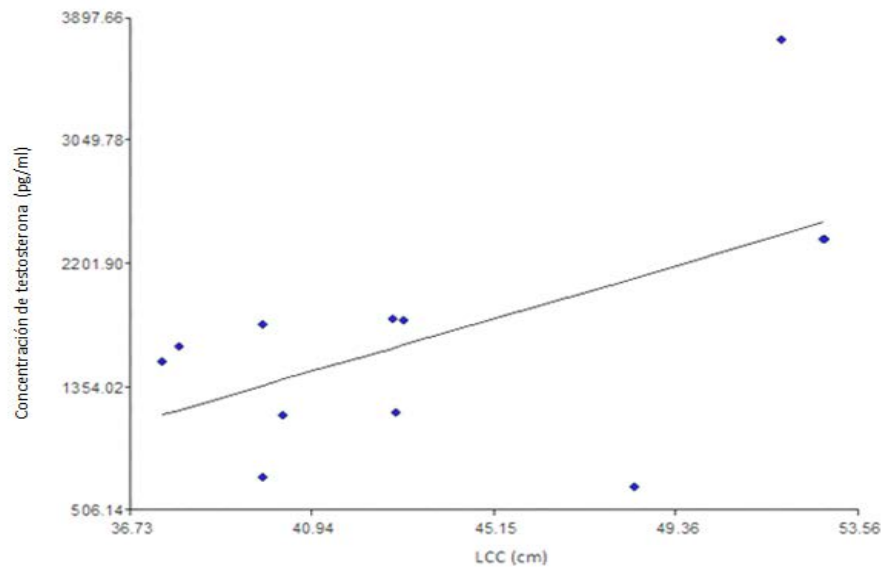


Figura 2. Relación entre concentración de testosterona y largo curvo de caparazón de tortugas macho de tortugas Carey (*Eretmochelys imbricata*).

Según estos resultados la variable de peso, no tiene relación respecto a la concentración de testosterona, tanto para hembras (Figura 3), como para machos (Figura 4), es una medida poco confiable para ser considerada representativa al momento del sexado de un individuo inmaduro. Esto es congruente con lo mencionado por Blanvillain *et al.* (2011). En estadios

inmaduros, no es posible determinar el sexo de las tortugas por características secundarias externas, además León y Díez (1999), aconsejan llevar a cabo el sexado de individuos maduros con precaución cuando se basa en características sexuales de tipo secundario, para evitar errores al momento de asignar el sexo de un individuo.

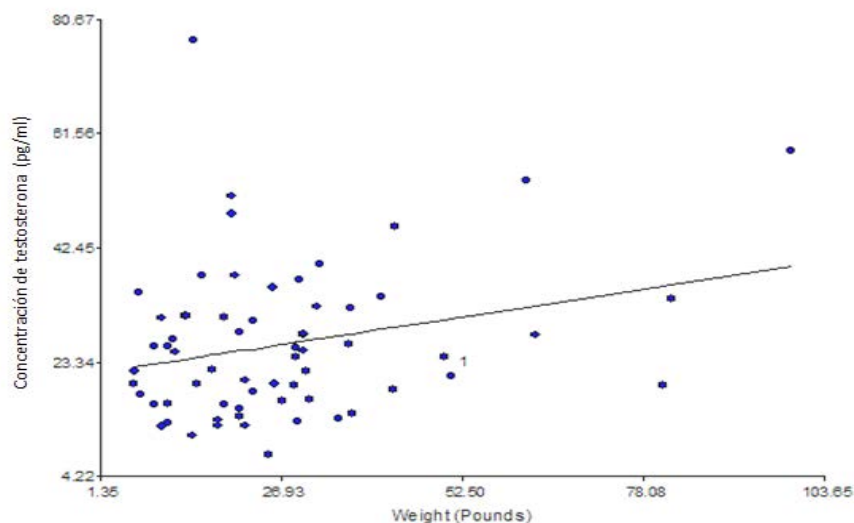


Figura 3. Relación entre concentración de testosterona y peso de tortugas hembra de tortugas Carey (*Eretmochelys imbricata*).

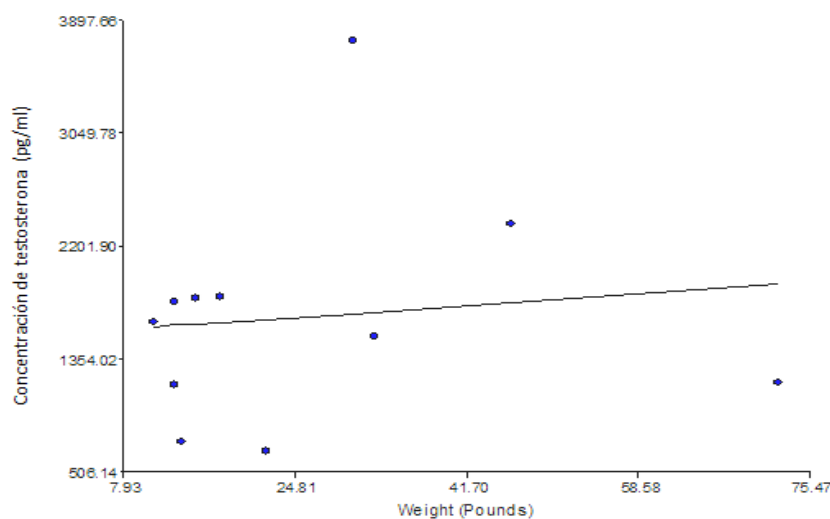


Figura 4. Relación entre concentración de testosterona y peso de tortugas macho de tortugas Carey (*Eretmochelys imbricata*).

CONCLUSIONES

La proporción sexual de las tortugas Carey inmaduras de la Bahía de Jiquilisco, El Salvador, se encuentra sesgada hacia las hembras con 5.8:1 (hembra/macho).

En El Salvador, este es el primer estudio en relación a proporción sexual de la población juvenil de tortuga Carey de la Bahía de Jiquilisco, constituye información vital para inferir el estado de la población y sobrevivencia de cada sexo de la especie en las zonas de alimentación.

El uso de parámetros morfométricos en relación a la medición de testosterona en individuos inmaduros, no es un método confiable para la determinación de sexo de individuos inmaduros de tortuga Carey, debido a que no se encuentran relacionados entre sí, por lo que es recomendable el uso de la medición de concentración de testosterona.

AGRADECIMIENTOS

A la iniciativa Carey del Pacífico Oriental (ICAPO), al laboratorio endocrinológico del South west Fisheries

Science Center (SWFSC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), por todo su apoyo logístico y técnico para llevar a cabo la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Al Hasbi AA, Alkindi AY, Mahmoud IY, Owens DW, Khan T, Al Abri A. 2006. Plasma hormone levels in the green turtles *Cheloniemydas* During peak period of nesting at Ras Al-Hadd Oman. *Journal of endocrinology*. Volumen 191. 9-14pp.
- Allen CD, Robbins MN, Eguchi T, Owens DW, Meylan AB, Meylan PA, et al. 2015. First Assessment of the Sex Ratio for an East Pacific Green Sea Turtle Foraging Aggregation: Validation and Application of a Testosterone ELISA. *PLoS ONE* 10(10).
- Blanvillain G, Owens DW, Kuchling G. 2011. Hormones and reproductive cycles in turtles. *Hormones and Reproduction of Vertebrates, Volume 3-Reptiles*. Elsevier Inc. 277-303 pp.
- Campbell, C.L. 2014. Estado de Conservación de la Tortuga Carey en las Regiones del Gran Caribe, Atlántico Occidental y Pacífico Oriental. *Secretaría Pro Tempore CIT, Virginia USA*. 76p
- Chacon Chaverri D. 2004. Tortugas Carey del Caribe; biología, distribución y estado de conservación. Programa de conservación de las tortugas marinas de América Latina y el Caribe del Fondo mundial para la Naturaleza (WWF). Publicación No. 1
- Chaloupka k, Musick P, Snover P. 2012 Status of the hawksbill turtle (*Eretmochelysimbricata*) in the Caribbean region. *ChelonianConservBiol* 3: 177-184
- Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu-Grobois F, Donnelly M (Editors). 1999. *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4.
- Lande R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science New York*. Volumen 241 (4872). 1455-1460pp
- Leon YM, Diez CE. 1999. Population structure of Hawksbill turtles on a foraging ground in the Dominican Republic. *Chelonian conservation and biology*. Volumen 3 (2). 230-236 pp.
- Liles MJ., Jandres, MV., Lopez, WA., Mariona, GI., Hasbun, CR., &Seminoff JA. 2011. Hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in El Salvador: Nesting distribution and mortality at the largest remaining nesting aggregation in the Eastern Pacific Ocean. *Endang. Species Res.* 14, 23-30. (doi: 10.3354/esr 00338)
- Liles MJ, Peterson JM, Linconln YS, Seminoff JA, Gaos AR, Peterson TR. 2014. Connecting international priorities with human wellbeing in low-income regions: lessons from hawksbill turtle conservation in El Salvador. *Local Environment: The international journal of justice and sustainability*. Volumen 20. 1383- 1404pp.
- Liles, M. J., M. J. Peterson, J. A. Seminoff, E. Altamirano, A. V. Henríquez, A. R. Gaos, V. Gadea, P. Torres, J. Urteaga, B. P. Wallace, and T. R. Peterson. 2015. One size does not fit all: importance of adjusting conservation practices for endangered hawksbill turtles to address local nesting habitat needs in the eastern Pacific Ocean. *Biological Conservation* 184:405-413.
- Liles, M. J., T. R. Peterson, J. A. Seminoff, A. R. Gaos, E. Altamirano, A. V. Henríquez, V. Gadea, J. Urteaga, B. P. Wallace, and M. J. Peterson. 2019. Potential limitations of behavioral plasticity and the role of egg relocation in climate change mitigation for a thermally sensitive endangered species. *EcoEvol.* 2019; 9: 1603-1622. <https://doi.org/10.1002/ece3.4774>
- Marcovaldi MA, Santos JB, Santos A, Soares LS, Lopez GG, Godfrey MH, Mendilaharsu M, Fuentes MP. 2014. Spatio-temporal variation in the incubation duration and sex ratio of hawksbill hatchlings: implication for future management. *Journal of thermalbiologyElsevier*. Volumen 44. 70-77pp
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013a. Propuesta del plan de manejo actualizado para el periodo 2012-2017 del Área de Conservación Bahía de Jiquilisco. MARN, San

Salvador, El Salvador.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013b. Resultados de las actividades para la conservación de las tortugas marinas en El Salvador en 2012. San Salvador: MARN.

Wibbels T. 2003. Critical approaches to sex determination in sea turtles. In: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J, editors. The Biology of Sea Turtles Volume II. CRC Press; 103-134pp.

Wyneken, J. 2004. La anatomía de las Tortugas marinas. U.S. Department of commerce. NOAA TechnicalMemorandum NMFS-SEFSC-470, 84-85pp.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano

Agroindustrial prototype of the *Acheta domesticus* flour (Orthoptera: Gryllidae) for human consumption

Medina-Milian, R.M¹, Rivas-Flores, A.W¹

RESUMEN

La investigación contiene experiencias en la implementación y mantenimiento de una crianza de grillos para la elaboración de harina de la especie *Acheta domesticus*. Para el análisis estadístico se obtuvieron los valores de proteína por medio de diferentes dietas suministradas a los grillos (D1: lechuga y concentrado de tilapia, D2: zanahoria y concentrado de tilapia, D3: zucchini y concentrado de tilapia). Donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para determinar diferencias significativas entre los distintos tratamientos alimenticios ($\alpha=0.05$) de acuerdo a los factores de variación estudiados en cada caso. Se puede considerar como una harina fortificada, porque posee 36.93% de proteína. Para la metodología económica los costos se calcularon a una producción de 1,800 grillos por cada dieta alimenticia, donde la dieta de D1 reflejó el costo más bajo de producción con un valor de USD\$47.26 por kg producido; los precios de referencia en el mercado internacional para la comercialización de un kilogramo (kg) de harina a base de grillo son de USD\$193.00, por lo que la rentabilidad y beneficios nutricionales de este producto son altas. La vida de anaquel de la harina de grillo (*Acheta domesticus*) es mayor a tres meses tiempo durante el que no genera hongos ni levaduras.

Palabras claves: Grillo *Acheta domesticus*, análisis bromatológico, proteína cruda, análisis microbiológico.

ABSTRACT

The research contains experiences in the implementation and maintenance of a cricket rearing for the production of flour of the *Acheta domesticus* species. For the statistical analysis, protein values were obtained by means of different diets supplied to the crickets (D1: lettuce and tilapia concentrate, D2: carrot and tilapia concentrate, D3: zucchini and tilapia concentrate). Where a unifactorial analysis of variance (ANOVA) was performed to determine significant differences between the different food treatments ($\alpha=0.05$) according to the variation factors studied in each case. It can be considered as a fortified flour, because it has 36.93% protein. For the economic methodology, the costs were calculated at a production of 1,800 crickets for each food diet, where the diet of D1 reflected the lowest cost of production with a value of USD \$ 47.26 per kg produced; The reference prices in the international market for the commercialization of one kilogram (kg) of cricket-based flour are USD \$ 193.00, so the profitability and nutritional benefits of this product are high. The shelf life of cricket flour (*Acheta domesticus*) is greater than three months, during which time it does not generate fungi or yeasts.

Key words: Cricket *Acheta domesticus*, bromatological analysis, raw protein, microbiological analysis.

1 Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
mitchi.mitchelle@gmail.com; andres.rivas1@ues.edu.sv

INTRODUCCIÓN

Se considera que alrededor de la mitad de la población mundial está insuficiente o inadecuadamente alimentada, tanto de energía (calorías) como de elementos nutritivos, entre los cuales tenemos las proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que constituyen la dieta diaria (Van Huis 2016).

Es importante investigar, encontrar y probar nuevas alternativas de alimento para la población, cuyo abasto este asegurado; su costo sea bajo y que contengan los nutrientes esenciales para una buena salud. Esta nueva alternativa se presenta en la entomofagia que consiste en la ingesta de insectos que son ricos en proteínas. Por ello, la entomofagia es practicada por distintas culturas en diversas partes del mundo (Ramos-Elorduy, *J. et al.*, 1998), muchos nutricionistas evalúan estos aportes como alimento. De todos los trabajos se concluye que la mayoría de los insectos analizados poseen, un contenido proteico superior al de la carne de vacuno. Esto, si bien no pareció aumentar su consumo para nutrición humana, arrojó nueva luz para la búsqueda de fuentes alternativas. En el mundo se comen cerca de 2,000 especies de insectos (Universidad Autónoma de Sinaloa 2016).

Se estima que a nivel mundial las personas consumen más de 1,900 especies, principalmente en África y Asia. Los más consumidos son los escarabajos (31%), orugas (18%), abejas y hormigas (14%). Después siguen los saltamontes, langostas y grillos (13%), cigarras, chicharritas, cochinillas y chinches (10%), libélulas (3%) y moscas (2%) (Mendoza 2017). La Red Internacional de Sistemas de Datos sobre Alimentos (INFOODS) perteneciente a la FAO, posee una base de datos para la biodiversidad que recoge, entre otros, el valor nutricional de cientos de insectos (FAO, 2017) y el componente que se encuentra en mayor proporción en todos ellos es la proteína. Las proteínas de origen animales en general, tienen un mayor valor nutricional que las vegetales, por su mayor contenido en aminoácidos esenciales para el desarrollo humano

(Yen 2009), y por su mejor calidad, expresada en términos de tasa de eficiencia (PER), digestibilidad y uso neto de proteína (NPU). En particular, las proteínas de insectos parecen no ser la excepción, como indican varios estudios realizados en ensayos en ratas de laboratorio y aves de corral (Al-Qazzaz *et al.* 2016). Además, muchos insectos poseen un alto contenido en grasas insaturadas y minerales esenciales como el calcio, el hierro y el zinc (Rumpold 2013). Por tanto, debido a su valor nutricional, los insectos son una prometedora fuente de alimento para las poblaciones humanas (FAO 2013), bien directamente o, indirectamente, como pienso para el ganado (Brown *et al.* 2017).

La investigación consistió en producir un prototipo de harina de grillo de la especie *Acheta domesticus* en etapa adulta como alternativa nutricional para el consumo humano, ya que es rica en proteínas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del estudio

El estudio se realizó durante el periodo comprendido entre los meses de mayo de 2019 a octubre de 2019, dividido en dos fases. Fase I: establecimiento y crianza de una granja de grillos de la especie *Acheta domesticus*, ahí los insectos fueron alimentados durante 12 semanas; se les administró tres tipos de dietas, todas tenían como base concentrado de tilapia, la diferencia radicó en el tipo de verdura que se le adicionó a cada una: lechuga, zanahoria y zucchini. Para alimentar a los grillos, estos se colocaron en cajas plásticas, se usaron tres para cada dieta, totalizando nueve. Las cajas plásticas se limpiaron constantemente de heces y mudas. Por otra parte, la cantidad de alimento que se les proporcionó dependió de las necesidades alimenticias de las ninfas de grillo, inicialmente se les proporcionó 15 g de concentrado de tilapia más 5 g de las diferentes verduras en estudio, esto por 2 semanas. Luego se les proporcionó 50 g de concentrado más 150 g de verduras en estudio; se aumentó la cantidad de alimento progresivamente a medida que las ninfas del insecto crecían, con el

intento de mantener una proporción constante de concentrado de tilapia y verduras.

La fase II: Se realizó en la planta de procesamiento de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en carretera al Puerto de La Libertad, Km 57, Cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador. Esta fase consistió en la elaboración de la harina de grillo, y de sus respectivos análisis bromatológicos y microbiológicos; así como el diseño de un prototipo alimenticio a base de grillo de la especie *Acheta domesticus*. Para la fabricación de la harina, se utilizaron tres cajas por cada dieta alimenticia, cada una contenía un promedio de 630 grillos. La preparación de la harina se realizó con la metodología recomendada por Generación Z de Costa Rica (2016), modificando ciertos procesos.

Comprobación de pérdida de humedad de los grillos *Acheta domesticus*

Una vez se recolectaron las muestras de grillos, se dejaron sin alimentación por 4 horas, ya que este es el tiempo que tardan en realizar la digestión; luego se capturaron y se colocaron en el congelador por dos horas para que entraran en una fase de adormecimiento o etapa de diapausa y posteriormente la muerte; para la estimación de la pérdida de humedad se procedió a pesar los grillos congelados por cada dieta alimenticia.

Los grillos se colocaron en una olla con agua a una temperatura aproximada de 60° C por 30 segundos, lo que bajo la carga microbiana y eliminó probables patógenos que posiblemente tengan por su naturaleza. Posteriormente se pasaron por un colador para escurrir el exceso de agua y poder secarlos, luego se colocaron en un deshidratador a 150°C por seis horas, donde se comprobó la pérdida de humedad por medio de la disminución de peso en los grillos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diferencias de peso después del proceso de deshidratado de los grillos.

Dieta Alimenticia	Dieta 1			Dieta 2			Dieta 3		
Cantidad de grillos por caja	499	504	569	647	651	770	866	557	607
Peso inicial (g)	319.2	322.4	364.2	368.7	371.1	438.8	467.5	455.1	460.8
Peso después de 2 horas de deshidratado (g)	230.1	233.0	263.2	285.6	328.2	383.4	385.5	375.3	380.0
Peso después de 4 horas de deshidratado (g)	158.1	160.1	180.8	192.4	224.3	262.0	269.1	262.0	265.2
Peso final después de 6 horas de deshidratado (g)	105.6	105.3	114.3	136.4	152.8	168.4	148.1	182.9	185.2
Humedad (%)	33.08	32.66	31.38	36.99	41.17	38.38	31.68	40.18	40.18
Promedios de %Humedad	32.38			38.85			37.35		

Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia.

Procesamiento de harina de grillo de la especie *Acheta domesticus*

Para la elaboración de la harina de grillo, se utilizó un

molino de café, pero se pueden utilizar otros molinos con diferentes tamaños de partículas expresados en micras para dejar un molido más fino para que el paladar no sienta partículas grandes. En este estudio

no se midió el tamaño de partícula de la harina, porque no se contaba con el equipo adecuado.

Finalmente, después de la elaboración de la harina, se procedió a la formulación de un prototipo alimenticio para el consumo humano, con la implementación de buenas prácticas de procesamiento.

Metodología de laboratorio

Análisis bromatológicos

A la harina de grillo elaborada, se le realizaron un total de seis análisis bromatológicos, dos por cada dieta alimenticia, para determinar cuál aporta mayor cantidad de proteína cruda, humedad total, materia seca, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos solubles en agua (CHOS), estos análisis se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Análisis microbiológicos

Para estos análisis, se elaboraron harinas en diferentes fechas de producción y se analizaron con la finalidad de conocer los cambios de las características organolépticas y microbiológicas del producto y así establecer la vida de anaquel de la harina. Los análisis se desarrollaron en el Laboratorio de Microbiología y Biotecnología del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), Universidad de El Salvador. Se sometieron a dos análisis microbiológicos para conocer si la harina de grillo es apta para el consumo humano. Debido a que en El Salvador no existe reglamentación para este tipo de productos, se tomó con base a lo que establece el Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07 Harinas, Harinas de Trigo Fortificadas Especificaciones (RTCA 2007), quienes establecen parámetros para los molidos en polvo, los cuales son: recuento de mohos y levaduras.

También se consideraron las especificaciones basadas en el Reglamento de la Comisión Europea (UE) 2017/893 sobre Salmonella y Recuento de Coliformes

totales y *Escherichia coli*. Las muestras se analizaron y compararon con los parámetros establecidos en dicho reglamento.

Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó con los datos medios de los valores obtenidos de proteína por medio de las distintas dietas alimenticias suministradas a los grillos: D1: lechuga y concentrado de tilapia, D2: zanahoria y concentrado de tilapia, D3: zucchini y concentrado de tilapia. Dicho análisis se llevó a cabo mediante MINITAB 19 (Data Analysis, Statistical & Process Improvement Tools).

Se realizaron comparaciones de la proteína en los grillos con las dietas alimenticias de los inmaduros de los grillos, para garantizar que las muestras presenten distribución normal y homogeneidad en sus varianzas. Se reconoció igualdad de varianzas para el análisis, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Análisis económico

Para determinar el precio de producción de la harina de grillo, se utilizó la metodología de análisis de costos y beneficios, dicho producto será utilizado como materia prima en la elaboración de un prototipo alimenticio para consumo humano. Se estimó el costo de elaboración de la harina por cada dieta alimenticia que se les proporcionó a los grillos en la investigación y se eligió la que obtuvo menor costo de producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valores promedio de peso de los grillos según su dieta alimenticia

Después de 12 semanas de la crianza de grillos (adulto - joven), se obtuvo de forma aleatoria los pesos de veinte ejemplares por cada dieta alimenticia, con esto se estimaron los pesos promedios. Los grillos que ingirieron la dieta alimenticia complementada con lechuga obtuvieron mayor peso (0.64 g), además, se observó que la lechuga es el alimento de media

aceptación por los grillos. Los insectos suplementados con zanahoria obtuvieron un valor de 0.57 g. En la crianza de grillos se observó que la dieta con mayor aceptación fue la complementada con zanahoria. Por otra parte, la alimentación con zucchini, correspondió al alimento con menor aceptación y obtuvo un valor de peso de 0.54 g. Este peso menor probablemente se deba a que el zucchini posee una gran cantidad de agua en su composición en comparación con los otros alimentos.

Estimaciones de pérdidas de humedad según dieta alimenticia

Las pérdidas de humedad de los grillos después de haber transcurrido seis horas (Cuadro 1), se encuentra que la dieta alimenticia con lechuga y concentrado de tilapia, obtuvo el mejor resultado al momento de deshidratación, ya que en promedio perdió el 32.38% de humedad. La dieta de zanahoria y concentrado de tilapia perdió un promedio de 38.85 % de humedad, la dieta de zucchini y concentrado de tilapia perdió en promedio un 37.35% de humedad. Por tanto, los grillos con dieta alimenticia de Lechuga perdieron mayor humedad en comparación a las demás dietas alimenticias.

Resultados de análisis bromatológico

El Reglamento Técnico Centroamericano, regula diversos productos de alimentos para consumo humano, y contempla que los insumos proteínicos comprenden productos compuestos principalmente de proteína de soja (categoría 12.9.1), resultados de cuajada de frijoles (categorías de alimentos 12.9.2, 12.9.3 y 12.9.4) y productos derivados de otras fuentes proteicas, por ejemplo, leche, cereales u hortalizas con categoría de alimentos (12.9.5) (RTCA 2005, 67.04.54:10). Debido a la limitante de este reglamento, se decidió compararla con la harina de trigo fortificado, ya que se elabora de un cereal y es un producto similar. En el Cuadro 2 se presenta la comparación a lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 2007, 67.01.15:07 Harinas de trigo con el parámetro de humedad de la

harina de grillo de la especie *Acheta domesticus*. Los valores son altos para todas las dietas en comparación del valor límite de humedad, el cual es 15.5% según reglamentación. Valores elevados de humedad en harinas favorecen el crecimiento y reproducción de microorganismos: los cuales reducen la vida de anaquel de los productos.

Cuadro 2. Requisitos físicos de conformidad a la variedad de trigo y los resultados obtenidos de humedad para cada dieta de grillo.

Determinaciones	Límite	Resultado	
Humedad, en porcentaje máximo en masa (m/m)	15.5%	Dieta 1	31.7%
		Dieta 2	40.24%
		Dieta 3	36.17%

Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia.

Respecto al análisis bromatológico de proteína cruda y ceniza de la harina de grillo de la especie *Acheta domesticus*, se realizó un promedio del total por cada dieta alimenticia y se realizó una comparación con lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07 Harinas de trigo fortificada (RTCA 2007), donde menciona que para que una harina sea llamada fortificada debe obtener un porcentaje de 7% de proteína (Cuadro 3).

Con esto se determina que el porcentaje de proteína que contiene la harina elaborada de grillo de la especie *Acheta domesticus* es mayor al de la de trigo; independientemente al tipo de alimentación que estos reciban. Las cenizas de los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original. En las muestras analizadas, se observó que el porcentaje de ceniza es alto en la harina de grillo de la especie *Acheta domesticus* en comparación con la harina de trigo; estos valores son

altos debido a que la determinación del contenido de cenizas sirve para obtener la pureza de algunos ingredientes que se usan en la elaboración de alimentos tales como: azúcar, pectinas, almidones, gelatina y minerales; además, para la elaboración de harina se utilizó el grillo completo con su exoesqueleto compuesto de quitina.

Análisis de varianza

El análisis de varianza, para determinar las medias de las distintas dietas alimenticias, arrojó resultados para los valores F y P, los cuales fueron de 6.95 y 0.075 respectivamente. Debido al valor $P > 0.05$, no es posible rechazar la hipótesis nula la cual establece que las medidas de la variable dieta alimenticia son iguales. La dieta alimenticia representativa que contiene mayor porcentaje de proteínas es la lechuga más concentrado de tilapia (Cuadro 4); las medias de

las muestras de las otras dietas no son representativas estadísticamente con un nivel de significancia del 5%.

Resultados de análisis microbiológicos

Los resultados de los análisis microbiológicos, realizados a la harina de grillo demuestran que los valores de Coliformes y *Escherichia coli*, disminuyeron después del segundo recuento, mientras que no se reportaron hongos, levaduras y *Salmonella* (Cuadro 5). Para El Salvador, no existe reglamentación acerca de este análisis en harinas de grillo, pero por la naturaleza del producto se aplicó el método de Número Más Probable (NMP), desarrollándose las pruebas confirmatorias de *Escherichia coli* y el valor es menor de 3.0 NMP/g (Cuadro 5); se destaca que esta harina se almacenó por seis meses para conocer su vida en anaquel y analizarla. Además, es probable que el valor de coliformes totales se encuentre en el

Cuadro 3. Requisitos fisicoquímicos de conformidad a la variedad de trigo establecidos en el Reglamento técnico Centroamericano 67.01.15:07 y los resultados obtenidos de % de proteína y % de ceniza.

Determinaciones	Límite	Resultados
Proteínas, en porcentaje mínimo en masa (m/m), en base seca	7,0%	Dieta 1 36.96%
		Dieta 2 28.28%
		Dieta 3 23.09%
Ceniza, en porcentaje máximo en masa (m/m), en base seca	1,0%	Dieta 1 4.46%
		Dieta 2 4.50%
		Dieta 3 4.58%

Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia.

Cuadro 4. Medias obtenidas de los resultados de proteína de las diferentes dietas.

Dieta Alimenticia	Muestras	Media	Desviación Estándar	Índice de confianza de 95%
1	2	34.13	4.00	(27.04, 41.23)
2	2	25.66	3.71	(18.57, 32.75)
3	2	22.840	0.354	(15.746, 29.934)

Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia. Desviación Estándar agrupada = 3.15251

límite máximo por la cantidad de tiempo transcurrido y debido a que la alimentación de los grillos no se podía desinfectar (únicamente limpiar con agua), ya

que estos insectos son susceptibles a restos químicos como el hipoclorito de sodio para la desinfección.

Cuadro 5. Resultados microbiológicos de la harina de grillo procesada.

Determinación	Método	Resultados		Especificaciones
		1° Recuerdo	2 Recuento (4 meses después)	
Recuento de Coliformes Totales	Número más probable (NMP)	1,100 NMP/g	240 NMP/g	***
<i>Escherichia coli</i>	Número más probable (NMP)	<3.0 NMP/g	<3.0 NMP/g	***
Recuento de Hongos y Levaduras	Método de placa vertida	0 UFC/g	0 UFC/g	10 ³ UFC/g*
<i>Salmonella spp.</i>	Método ausencia/presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia/25 g**

Salmonella

La Comisión Europea estipula esta reglamentación en productos elaborados de insectos que sirven para alimentar a otros animales (menos rumiantes), debido a la naturaleza y peligrosidad del patógeno. En *Salmonella* se recomienda que se demuestre “Ausencia” en los productos analizados para consumo animal. Por lo tanto, las muestras realizadas a las harinas de grillo en el 1° y 2° recuento de *Salmonella* (Cuadro 5), cumplen con este apartado, ya que presentó “Ausencia” del patógeno en el reporte de laboratorio.

Recuento de hongos y levaduras

Debido a que no existe reglamentación en El Salvador, sobre la elaboración de harinas a base de insectos, se consultó con las especificaciones basadas en RTCA 2007, 67.01.15:07 Harinas, Harinas de trigo Fortificada, donde especifica los parámetros. Dentro del plan de muestreo de la normativa, se puede observar que es de RIESGO TIPO B (Cuadro 6): comprende alimentos que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tienen una mediana probabilidad de causar daño a la salud. La clase es 3 (tres), lo que quiere

decir que es un plan de muestreo por atributos que de acuerdo con los criterios microbiológicos puede dividirse en tres grados, “aceptable”, “medianamente aceptable”, y “no aceptable”. La clase aceptable tiene como límites “m” y “M”, y la no aceptable aquellos valores superiores a M (m = criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; M = criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud). La categoría de riesgo “C”, está asociada al alimento y al microorganismo como se muestra en el Cuadro 7 del Reglamento Técnico Centroamericano.

Esto quiere decir que la harina representa una clase de peligro: moderado, directo, difusión limitada y es de Categoría 8, y se usa para parámetros microbiológicos que siendo considerados patógenos en bajos niveles, pueden aceptarse. Por lo tanto, los análisis realizados a la muestra de harina de grillo en el 1° recuento y cuatro meses después en el 2° recuento de hongos y levaduras, cumplen los requerimientos necesarios (0 UFC) (Cuadro 5). “Categoría” es el riesgo asociado al alimento y al microorganismo, como se muestra en el Cuadro 7 del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 2007).

Cuadro 6. Parámetro microbiológico para Recuento de mohos y levaduras basadas en RTCA 2007, 67.01.15:07 Harinas

Parámetro	Plan de muestro				Limite	
	Tipo de riesgo	Clase	n	C	m	M
Recuento Mohos y Levaduras	B	3	5	1	10 UFC/g	10 ³ UFC/g

n=número de muestras que se requieren para realizar el análisis microbiológico; C=número de muestras que pueden contener al patógeno o microorganismo; m=criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; M=criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Cuadro 7. Clase de peligro y categoría de riesgo según RTCA 2007.

Clase de peligro	Condiciones normales en las que se supone será manipulado y consumido el alimento tras el muestreo		
	Grado de peligrosidad reducido	Sin cambio de peligrosidad	Aumenta la peligrosidad
Sin peligro directo para la salud. (Contaminación general, vida útil y alteración).	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
	3 clases	3 clases	3 clases
	n = 5 c = 3	n = 5 c = 2	n = 5 c = 1
Peligro para la salud bajo indirecto.	Categoría 4	Categoría 5	Categoría 6
	3 clases	3 clases	3 clases
	n = 5 c = 3	n = 5 c = 2	n = 5 c = 1
Moderado, directo, difusión limitada.	Categoría 7	Categoría 8	Categoría 9
	3 clases	3 clases	3 clases
	n = 5 c = 2	n = 5 c = 1	n = 5 c = 1
Grave, directo, directo, difusión potencialmente extensa.	Categoría 10	Categoría 10	Categoría 10
	2 clases	2 clases	2 clases
	n = 5 c = 0	n = 5 c = 0	n = 5 c = 0

Prototipo alimenticio

Se realizó un prototipo alimenticio, que consistió en la elaboración de pan Baguette horneado y fabricado artesanalmente, formulado de la combinación de ¾ de harina de trigo,

¼ de harina de grillo (*Acheta domesticus*), azúcar, sal, levadura y agua. Se ofreció a diferente público para comprobar que se puede utilizar harina de insecto en el enriquecimiento de alimentos y obtener mayor porcentaje de proteína en la alimentación, pero no se realizaron encuestas ni estudios de aceptación del producto, ya que no era parte del objetivo de la investigación.

Resultados de análisis económico

Los resultados del análisis económico están basados en los costos de la elaboración de la harina de grillo. Los costos fueron divididos en dos etapas: la primera consistió en la alimentación en un ciclo de producción de doce semanas, tiempo que fue determinado por el ciclo de vida de los grillos, ya que a esta edad llegan a su estado adulto-joven; la segunda etapa consistió en el proceso que toma llevar los grillos a convertirse en harina (Quisanga 2000).

Los costos fueron calculado a una producción de 1,800 grillos por cada dieta alimenticia (cuadro 8), observándose que D1 refleja el costo más bajo de

producción (USD\$ 47.26); mientras que la dieta D3 es la que presenta un valor de mayor (USD\$ 64.57). En el mercado internacional, el precio de referencia para la comercialización de la harina elaborada de grillo es de USD\$ 9.65 los 0.05 kg; por lo tanto, el

valor de comercialización para un kilogramo es de USD\$ 193.00, esta referencia se encuentra en Exotic Food 2020 (Insectos comestibles España) y pone de manifiesto la rentabilidad para su comercialización.

Cuadro 8. Costos totales de alimentación y producción de harina de grillo *Acheta domesticus*, según dieta alimenticia.

	Cantidad de Harina producida según dieta alimenticia		
	Dieta 1 (373.02 g)	Dieta 2 (398.60 g)	Dieta 3 (363.04 g)
Alimento vegetal (10570 g)	\$ 5.29	\$ 6.87	\$ 11.10
Concentrado de tilapia etapa inicial (3710 g)	\$ 8.20	\$ 8.20	\$ 8.20
Sub total	\$ 13.48	\$ 15.07	\$ 19.30
Tiempo de uso del deshidratador (6 h)		\$ 3.90	
Tiempo de uso de molino (1 h)		\$ 0.14	
Tiempo de uso de refrigerador (2 h)		\$ 0.23	
Sub total		\$ 4.27	
Costo de procesamiento de la Harina	\$ 17.75	\$ 19.34	\$ 23.57
Costo por kilogramo	\$ 47.26	\$ 48.19	\$ 64.57

Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia; Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia. Nota: Los costos sobre el uso de equipos para la elaboración de la harina se calculó mediante el precio máximo vigente para el suministro eléctrico a partir del 01 de enero de 2020 (USD\$0.156/Kwh). No se tomaron en cuenta los costos de implementación de la planta de producción y el pago de mano de obra.

CONCLUSIONES

La implementación de una crianza de grillo *Acheta domesticus*, es factible debido a que es una especie que se encuentra libre en el ambiente para su captura y es relativamente fácil el manejo para su reproducción.

La dieta de los grillos, no presentó diferencias estadísticas respecto al nivel de proteína corporal; sin embargo, el tipo de comida influyó en el peso final de ellos, porque que la dieta con lechuga, obtuvo la mayor ganancia de peso; mientras que el alimento con zucchini, resultó con menor ganancia de peso.

La harina de grillo *Acheta domesticus*, se puede considerar como harina fortificada ya que posee un 36.93% de proteína, excediendo los requerimientos exigidos por el Reglamento Técnico Centroamericano que menciona valores máximos de 7% de proteína.

Las humedades obtenidas al final de cada ensayo aún se encuentran en niveles altos para ser harina fortificada, según el Reglamento Técnico Centroamericano que menciona que la harina de trigo debe contener un 15.5% de humedad. Además, el porcentaje de humedad que se obtuvo al final del proceso de elaboración de harina de grillo, depende directamente de la dieta alimenticia administrada durante el desarrollo y crecimiento de *Acheta domesticus*.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Qazzaz, M; Ismail, D; Akit, H; Idris, L. 2016. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. Revista Brasileira de Zootecnia, 45, 518-523.
- Brown, C; Arneith, A; Dias, C; Finnigan, J; Moran,

- D; Rounsevell, A. 2017. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*. Consultado 27 de oct. 2018. Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Exotic Food. 2020. Exotic Food. Insectos Comestibles España. Málaga, España. Consultado 8 nov. 2019. Disponible en línea: <https://www.exoticfood.es/p4159678-harina-de-grillo-50gr.html>
- FAO (Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Roma. 29p.
- FAO (Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Edible insects: The future of food and agriculture – trends and challenges. Roma. Consultado 24 de Sep. 2018. Disponible en línea: www.fao.org/3/a-i6583e.pdf
- Generación Z. 2016. Consultado 5 de febr. 2018. Disponible en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=9ILUceO2kYc>
- Huis, A; Itterbeek, J; Klunder, H. 2013. Extracto de Edible insects: Future prospects for food and feed security. (en línea). Roma: FAO. Consultado 5 febr. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- Mendoza Laínez, E. 2017. Influencia de diferentes dietas en la composición nutricional del insecto comestible *Tenebrio molitor* y estudio de su pardeamiento. Grado en innovación en procesos y productos alimentarios. Iraila.
- Minitab. 2019. Programa estadístico para Agrónomos. Consultado en: 23 nov. 2019. Disponible en: <https://www.minitab.com/es-mx/downloads/>
- Nakagaki, B.J. 1986. Protein quality of the house Cricket, *Acheta domesticus*, when fed to Broiler Chicks. *Poultry Science*.
- Quisanga, F.M. 2000. Estimación de Costos de la Producción de. Tegucigalpa: Zamorano. Honduras.
- Ramos-Elorduy, J; Pino, J.M; Correa, S.C. 1998. Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie zoología*, 69, 65-104.
- RTCA. 2007. Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07. Harinas. Harinas de trigo fortificada, especificaciones. Consultado en: 11 nov. 2019. Disponible en: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/alimentos/RTCA_de_Harina.pdf
- RTCA. 2005. Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.54:10. Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios. Consultado en: 12 feb. 2019. Disponible en: <https://www.mspas.gov.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAAditivosAlimentarios.pdf>
- Rumpold B. A; Schlüter O. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food*.
- Universidad autónoma de Sinaloa. 2016. Acridofagia y otros insectos en donde se cuenta sobre la crianza, recolección, preparación, y consumo de chapulines, gusanos y hormigas y otros bichos para salvar el mundo. 2° Ed. México.
- UE. 2015. Reglamento del parlamento Europeo y del Consejo. Modificación del reglamento (UE) No. 1169/2011 y se deroga el reglamento No. 258/97. *Diario oficial de la Unión Europea*
- UE. 2017. Reglamento de la Comisión Europea (UE) 2017/893. *Diario oficial de la Unión Europea*. Consultado en: 3 nov. 2019. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2009/229/L00001-00028.pdf>
- Van House A; Escalante A. 2016. Acridofagia y otros insectos en donde se cuenta sobre la crianza, recolección, preparación, y consumo de chapulines, gusanos y hormigas y otros bichos para salvar el mundo. 2° Ed.; México. 4p.
- Yen, A. L. 2009. Edible insects: traditional knowledge or western phobia? (Special Issue: Trends on the edible insects in Korea and abroad.). *Entomol. Corea*.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>



Artículo de investigación

Prevalencia de *Contracaecum* sp. en tilapia (*Oreochromis* sp.) y Cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*) en el embalse Cerrón Grande, distrito de Riego Atiocoyo y Lago de Ilopango

Prevalence of *Contracaecum* sp in tilapia (*Oreochromis* sp) and cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in the Cerrón Grande reservoir, Riego Atiocoyo district and Ilopango Lake

Iraheta-Hernández P.I¹, Alvarado-Panameño J.F¹

RESUMEN

La investigación se realizó en el embalse Cerrón Grande ubicado en el municipio El Paraíso, Distrito de Riego Atiocoyo, municipio de San Pablo Tacachico y el Lago de Ilopango en el municipio de Ilopango, El Salvador, entre octubre 2017 y septiembre 2018. Se recolectaron 196 tilapias (168 machos y 28 hembras) en un periodo de cuatro meses durante la época seca, con pesos promedio de 220.32 g en las tres zonas de estudio. Se realizó pesca artesanal utilizando atarrayas, trasmallos y anzuelos. Se examinaron todos los órganos y adyacencias en busca de nematodos del género *Contracaecum*. Para los tejidos musculares se utilizó la técnica de compresión y visualización directa con luz ultravioleta. Se capturaron 50 aves de cormoranes con rifles de aire comprimido y balines de copa en el embalse Cerrón Grande, divididos en dos muestreos en un periodo de cuatro meses. Las necropsias fueron in situ extrayendo el aparato digestivo y los parásitos presentes. Todos los nematodos se procesaron en el laboratorio de ELISA en la Universidad de El Salvador, fijados con formol al 10%, y se aclararon mediante la técnica de Azul-Algodón Lactofenol. La identificación morfológica se realizó por medio de estereoscopio y microscopio compuesto y conservación con alcohol etílico 70%. Se evaluaron los parámetros morfométricos (peso, talla y sexo) y epidemiológicos (prevalencia y carga parasitaria). En tilapias no se encontró presencia de dichos parásitos, mientras que en cormoranes se identificaron 1,014 nematodos del género *Contracaecum*, con una prevalencia de 78% y carga parasitaria de 26 vermes por individuo, la prueba de Chi cuadrado ($p > 0.05$) mostró independencia entre los sitios con un valor de 2.53; además, no se encontró correlación entre las variables: peso, sexo, talla y sitio. Se concluye que, en el periodo del estudio, no existe relación biológica de *Contracaecum* entre tilapia y los cormoranes, por lo cual, los cormoranes podrían considerar un riesgo biológico para otros peces de interés comercial.

Palabras Clave: Tilapias, cormoranes, *Contracaecum*, carga parasitario.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the Cerrón Grande reservoir located in the El Paraíso municipality, Atiocoyo Riego District, San Pablo Tacachico municipality and Ilopango Lake in the Ilopango municipality, El Salvador, between October 2017 and

1 Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
patty.iraqueta@gmail.com, jfranciscosv@yahoo.com

September 2018. 196 were collected tilapias (168 males and 28 females) in a period of four months during the dry season, with average weights of 220.32 g in the three study areas. Artisanal fishing was carried out using cast nets, gillnets and hooks. All organs and adjacencies were examined for nematodes of the genus *Contracecum*. For the muscular tissues, the compression technique and direct visualization with ultraviolet light were used. 50 cormorant birds were captured with compressed air rifles and goblet pellets in the Cerrón Grande reservoir, divided into two samplings over a four-month period. The necropsies were in situ, extracting the digestive system and the parasites present. All nematodes were processed in the ELISA laboratory at the University of El Salvador, fixed with 10% formaldehyde, and rinsed using the Blue-Cotton Lactophenol technique. Morphological identification was carried out by means of a stereoscope and compound microscope and conservation with 70% ethyl alcohol. Morphometric parameters (weight, height and sex) and epidemiological (prevalence and parasite load) were evaluated. In tilapias, no presence of these parasites was found, while in cormorants 1,014 nematodes of the genus *Contracecum* were identified, with a prevalence of 78% and a parasite load of 26 worms per individual, the Chi square test ($p > 0.05$) showed independence between sites with a value of 2.53; Furthermore, no correlation was found between the variables: weight, sex, height and location. It is concluded that, in the study period, there is no biological relationship of *Contracecum* between tilapia and cormorants, therefore, cormorants could consider a biological risk for other fish of commercial interest.

Keywords: Tilapia, cormorants, *Contracecum*, parasitic load.

INTRODUCCIÓN

La tilapia es una de las especies de agua dulce más consumidas en todo el mundo, con una producción anual de 3.95 millones de toneladas en sistemas de producción artificial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para el 2003, El Salvador tuvo una producción acuícola de 1,130 toneladas, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2014).

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2011), reportó que los Cormoranes se han reproducido de manera descontrolada en el embalse del Cerrón Grande, para el 2011 se estimó una población de 30,000; mientras que en abril de 2018, se calculó un promedio de 60,000 aves, cada animal adulto consume alrededor de 325 gramos de peces al día, por esto se consideran grandes depredadores. El mayor incremento de poblaciones esta principalmente en el embalse Cerrón Grande, sitio RAMSAR y mayor cuerpo de agua dulce del país, situado en el tramo medio del río Lempa (ADEL-FIAES, 2013).

Los resultados de encuestas realizadas a la población ribereña por ADEL-FIAES (2014), el mayor impedimento de consumir esta especie es la presencia de parásitos vermiformes en las vísceras. Según

Álvarez y Ríos (1999), este ejemplar forma parte del ciclo de vida como hospedador definitivo del parásito *Contracecum* sp., nematodo de la familia *Anisakidae*. En El Salvador, Pacheco *et al.* (2015) encontró 642 nematodos en 41 Cormoranes en el río Titihuapa, el nematodo fue identificado como *Contracecum rudolphii* parásito que más comúnmente infecta a las aves acuáticas. Alvarado (2016) encontró solo 1 nematodo en el hígado de una tilapia en el embalse Cerrón Grande, como parte de un estudio de monitoreo de parásitos en varias especies de peces cultivadas en esa zona.

Cada año se reportan en el mundo más de 2,000 casos de infestación humana, lamentablemente la mayoría de las reacciones alérgicas no son diagnosticadas. En numerosas especies de peces, cefalópodos y crustáceos comercialmente importantes, se ha encontrado una prevalencia muy elevada de larvas de anisakidos (OIE, 2013), razón por la cual, el hombre se infesta accidentalmente cuando ingieren mariscos crudos o poco cocidos (sushi, sashimi y ceviche), así como ahumados, semiconservas, salazón, pescado seco o en vinagre que contienen larvas del parásito (Cordero *et al.* 2002). Esta investigación se enfocó en encontrar la relación entre del nematodo *Contracecum* sp., las tilapias y Cormoranes. Además, la estimación de la prevalencia y los niveles de infestación del parásito en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en tres zonas geográficas relacionados a la pesca artesanal y explotación artificial de tilapias en El Salvador, con presencia de Cormoranes: Embalse Cerrón Grande ubicado sobre el río Lempa, entre los departamentos de Cuscatlán, Chalatenango, Cabañas y San Salvador; con una superficie de 135 km², y una altitud media de 240 msnm (Grupo Cel, 2015). Distrito de riego Atiocoyo Sur, ubicado en San Pablo Tacachico, La Libertad (13°59'00" N 89°20'00" O), a 306 msnm (MAG, 2016). Lago de Ilopango, ubicado entre los Departamentos de San Salvador, Cuscatlán y La Paz (13°40'00" N 89°03'00" O), con una superficie de 72 km² y una profundidad de 230 m (EcuRed, 2017).

Metodología de campo

Muestreo de Tilapias

Se recolectaron 196 tilapias en tres zonas de estudio, con un total de muestras de n=76 tilapias para el embalse Cerrón Grande debido a su gran dimensión en cuerpo de agua, en Distrito de Riego Atiocoyo sur con n=60 especímenes, y de igual forma el lago de Ilopango con un total de n=60 muestras. La fase de campo con una duración de cuatro meses desde febrero hasta mayo de 2018.

En el embalse Cerrón Grande se realizó pesca artesanal, se usaron atarrayas, trasmallos y anzuelos en los cuatro sitios de muestreo: Isla Los Cabros (N14°03'46.0" E089°06'03.6"), Isla Chacalingo (N14°02'41.8" E089°05'36.6"), Plan de Colima (N14°03'07.4" E 089°06'16.6") y en el Cantón Santa Bárbara en el municipio El Paraíso, departamento de Chalatenango (N 14°4'0.12" E89°6'0), haciendo un total de ocho muestreos de 19 especímenes cada 15 días por cuatro meses, recolectando 76 tilapias con tallas de 15 cm a 30 cm de largo.

En Distrito de Riego Atiocoyo Sur, se cuenta con una red de canales que distribuye agua hacia cultivos,

ganaderías, y estanques de tierra para explotación comercial de tilapias. En esta zona se designaron tres sitios de muestreo: Granja 1 ubicada en el canal 4, Granja 2 en el canal 5 Caserío Las Pavas, y en CENDEPESCA Atiocoyo Sur (N14°0'14.285" O89°17'36.826") la suministra el canal 1. Se realizaron ocho muestreos, cada uno incluyó de siete a ocho tilapias cuyos tamaños oscilaban entre los 18 a 25 cm. Haciendo un total de 60 ejemplares, los muestreos se realizaron cada 15 días durante 4 meses.

En el lago de Ilopango se incluyeron explotaciones de tilapia en jaulas flotantes, se designaron tres sitios de muestreo: Cantón San Agustín (N13°42'05.21" O89°00'515"), Cantón Santa Cruz La Vega (N13°38'13.8" O89°04'40.5") y el Cantón Dolores Apulo (N4°31'1 , O74°36'0). Los muestreos hicieron cada 30 días, se utilizó lancha para llegar a cada sitio con la cooperación de CENDEPESCA y la Policía de Turismo (POLITUR), se realizaron cuatro muestreos de siete a ocho tilapias aproximadamente, por cuatro meses, con una recolecta total de 60 especímenes de 17 a 24 cm.

De forma individual, las muestras fueron tomadas con pesos y sexos indefinidos, ya que el objetivo del muestreo no es experimental sino el hallazgo de parásitos en cualquier tamaño y sexo del espécimen en cuestión. Se depositaron las tilapias en bolsas plásticas, etiquetadas y almacenadas en hieleras (5°C), se trasladaron hacia el laboratorio de ELISA de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, donde fueron congeladas a -18°C para su posterior análisis parasitológico.

Muestreo de los Cormoranes

En el Embalse del Cerrón Grande, las aves Cormoranes fueron capturados con rifles de aire comprimido y balines de copa. Se recolectaron 50 ejemplares, 20 especímenes de la Isla Leona 2 (N13.9939 O-89.0297) y 30 en Isla Trinidad (N013°56'22" O088°54'5"), divididos en dos muestreos en un periodo de cuatro meses. Las capturas se ejecutaron mediante el apoyo del Programa Nacional de manejo y control del pato Chancho (*Phalacrocorax brasilianus*) en los

humedales de El Salvador que desarrolla el MARN en coordinación con el Instituto Sindical de Cooperación para el Desarrollo (ISCOS) de Italia, amparado por el marco legal de la Ley de Conservación de Vida Silvestre y un permiso especial para la recolecta científica. No se realizaron capturas en Lago de Ilopango ni en Distrito de Riego Atiocoyo Sur, debido a que se encontraban en periodo de reproducción y migraron hacia mejores condiciones ecológicas (vegetación y disponibilidad de alimento). Las aves recolectadas fueron pesadas (lb) y talladas (cm), se midió longitud y envergadura. Las muestras (aparato digestivo) se etiquetaron y transportaron en hieleras (5°C) hacia el laboratorio de ELISA de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, donde fueron congeladas a -18°C para su posterior diagnóstico parasitológico.

Metodología de laboratorio

Diagnóstico parasitológico de nematodos en tilapias

Las muestras se descongelaron dos horas antes de su inspección en un recipiente con agua a temperatura ambiente, luego se pesaron (g) y se tallaron (cm) en una báscula semi analítica. Se colocó el espécimen lateralmente para realizarle una incisión desde el orificio anal hasta la intersección branquial. El segundo corte fue desde el ano hacia la comisura lateral superior del opérculo, exponiendo los órganos internos, retirando completamente el aparato digestivo con una tijera de punta recta. Se examinaron minuciosamente los órganos con el estereoscopio y la técnica de compresión entre dos láminas de vidrio para observar la parte interna de cada órgano en búsqueda de nematodos del género *Contracaecum* (Figura1). Se realizaron cortes de musculo de 5 mm de grosor y para observar a través de la técnica de compresión con lámpara de luz ultravioleta en una caja oscura. El análisis laboratorial se realizó inmediatamente después del traslado de las muestras, otras se congelaron y descongelaron poco a poco en secuencia a los días de los muestreos en un periodo de cuatro meses consecutivos.

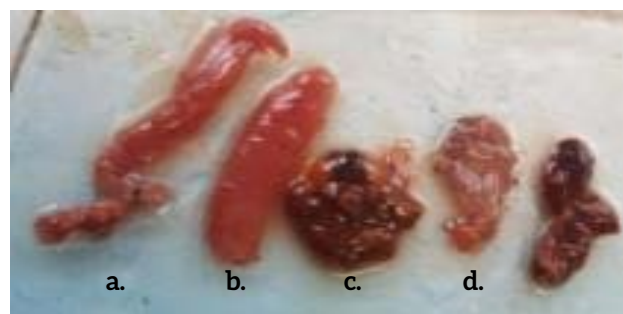


Figura 1. Órganos internos de la tilapia: a. gónadas; b. hígado; c. estómago; d. bazo.

Diagnóstico parasitológico de nematodos en Cormoranes

Mediante la necropsia in situ, se hizo un corte longitudinal para retirar los órganos desde el esófago hasta la cloaca, se observó la mucosa estomacal en busca de nematodos del género *Contracaecum* (Figura 2). Cada espécimen fue aislado, contado, etiquetado y almacenado en tubos separados por cada Cormorán con alcohol etílico 70%. Se realizó la identificación morfológica mediante las claves taxonómicas de Vidal et al. (2001), fotografiados y filmados con el microscopio compuesto. La fijación fue con formol al 10% en laminillas (portaobjetos y cubreobjetos), con una gota del reactivo Azul- Algodón Lactofenol, para aclarar la cutícula externa y teñir las estructuras internas del nematodo dejando que la preparación aclare durante 24 horas antes de su observación.

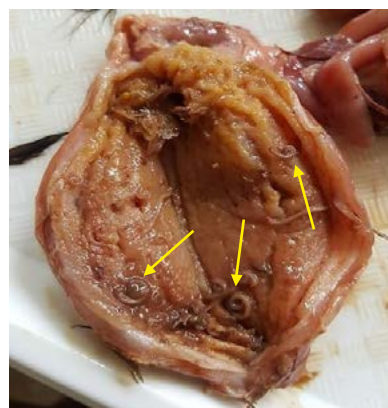


Figura 2. Estómago de Cormorán con parásitos

Metodología Estadística.

Para establecer la independencia de variables en aves Cormoranes, únicos especímenes que resultaron

con parasitosis en el estudio, se utilizó la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado, evaluando la relación entre la Isla Trinidad y la Isla Leona 2, mediante la correlación lineal con el programa estadístico INFOSTAT® con la finalidad de demostrar el nivel de asociación entre las variables: peso, talla y sexo.

Parámetros morfométricos

El estudio llevó un registro de los pesos (g), sexo y talla (cm) para las tilapias y un registro de pesos (lb), sexo, talla (longitud y envergadura en cm) para los Cormoranes; también se determinaron las regiones anatómicas donde los parásitos fueron encontrados. Con la información recolectada se elaboró una base de datos en Excel, mediante estadística descriptiva y se expresaron los resultados en cuadros y gráficos de barra.

Parámetros epidemiológicos

Se realizaron análisis de parámetros epidemiológicos como la prevalencia que mide la proporción de individuos parasitados entre el total de la población por cien, y la carga parasitaria media que estudia la cantidad de parásitos encontrada sobre el total de individuos parasitados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contracaecum en tilapias

En tilapias no se encontró evidencia determinante de parasitosis causada por *Contracaecum* sp., a pesar de provenir de diferentes entornos ecológicos en función de las zonas de muestreo (Cerrón Grande, Lago de Ilopango y Distrito de Riego Atiocoyo Sur).

Los resultados obtenidos en las tres áreas de muestreo mostraron ausencia del parásito en estudio, probablemente por múltiples factores (bióticos y abióticos) en el ambiente, como lo mencionan Blonar *et al.* (2009), quienes sugirieron que la contaminación del agua está relacionada al parasitismo en animales acuáticos, según estudios realizados por los mismos autores, revelan que las larvas del parásito de vida libre no sobreviven a medios altamente

contaminados. Según Urquhart *et al.* (2001), estos especímenes pueden entrar en estado de hipobiosis de forma estacional, siendo un factor determinante para que el huevo y la larva de vida libre pueda desarrollarse en el medio y no causar infestaciones masivas en los peces de la zona.

El muestreo se ejecutó en época seca, por ende, la contaminación del agua aumenta considerablemente. Hamann (1999), sostiene que la infestación parasitaria decrece en época seca, siendo importante su participación como bioindicadores de la contaminación y la alteración del medio ambiente en general. Según el SNET (2002), el agua del río Lempa y el río Sucio (abastecen las zonas en estudio) están contaminadas por desechos industriales y aguas residuales, lo cual se asume que afecta de gran manera los hábitos alimenticios y conducta de la tilapia.

La inmunidad de las tilapias va un paso adelante debido a que posee una genética deseable, Audicana y Kennedy (2008), reportan que es más resistente a muchas enfermedades, porque el sistema inmune genera hipersensibilidad inmunitaria al estar en exposición con las larvas parásitas. Pacheco *et al.* (2015), encontraron una tilapia infestada con 25 parásitos del género *Contracaecum*, al igual que Alvarado (2016), quien reportó un nematodo en el hígado de una tilapia en el embalse Cerrón Grande, por lo cual, se puede asumir que las tilapias son menos vulnerables a la infestación por dicho parásito que otros peces en el país.

Los registros de las tilapias dentro del embalse Cerrón Grande (Cuadro 1), representan 19 especímenes por cada sitio, con un total de 76 muestras, las cuales 54 fueron machos y 22 hembras con un promedio de peso en los machos de 227.55 ± 89.01 g y las hembras de 159.74 ± 74.12 g, longitudes de 22.67 ± 3.1 cm y 19 ± 3.08 cm, respectivamente.

El registro del Lago de Ilopango (incluye tres sitios de muestreo establecidos y una muestra total de 60 tilapias), determinó que 57 eran machos y 3 hembras, obteniendo un promedio de pesos para los machos

de 189.50±46.32 g y una longitud de 21.14±2.45 cm, y las hembras 123.93±28.28 g de peso) y 13±1 cm de longitud.

Cuadro 1. Registros morfométricos de tilapias del Cerrón Grande

Sitio	Peso (gr)	Long (cm)	Sexo
Chacalingo	229.08	22.94	4H/15M
Los Cabros	242.62	22.18	5H/14M
Colima	166.15	19.97	7H/12M
Sta Barbara	193.84	21.36	5H/14M
Promedio	207.92	21.61	22H/54M

Cuadro 2. Registro morfométrico de tilapias del Lago de Ilopango

Sitio	Peso	Longitud	Sexo
Sn. Agustín	183.16	21.2	0H/20M
Sta. Cruz	188.62	20.2	2H/18M
Apulo	196.99	22.0	1H/19M
Promedio	189.59	21.13	3H/57M

De los 60 individuos recolectados en los puntos de muestreo en Atiocoyo sur (Cuadro 3), cuatro hembras y 56 machos, el peso promedio fue de 273.99±165.24 g y longitud de 22.69±4 cm en machos y para las hembras 116.05±64.66 g de peso y longitud de 18.25±3 cm. El sexo de las tilapias en estudio puede deberse a las técnicas implementadas para obtener alevines machos, como la técnica de hibridación, súper macho o reversión sexual, ya que el porcentaje de machos muestreados fue del 93.33%.

Cuadro 3. Registro morfométrico de las tilapias del Distrito de Riego Atiocoyo Sur

Sitio	Peso	Longitud	Sexo
Granja 1	377.92	24.85	0H/20M
Granja 2	180.22	20.05	1H/19M
Granja 3	232.23	22.3	3H/18M
Promedio	263.45	22.4	4H/56M

Comportamiento en Cormoranes

Parámetros morfométricos

En los Cormoranes, se encontró una infestación de 1,014 nematodos del género *Contracaecum* sp. Las regiones anatómicas involucradas fueron el esófago (3.75%) y el estómago (96.25%), se observaron lesiones en la mucosa gástrica por la penetración de los parásitos, según Oyarzún *et al.* (2016), el Cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*) es el hospedador de este nematodo principalmente, presenta daños patológicos en el sistema digestivo. Se analizaron los pesos (lb), talla (cm) y envergadura (cm) de los Cormoranes del Embalse del Cerrón Grande en las Islas Leona 2 e Isla Trinidad, 20 y 30 especímenes, respectivamente en ambos sitios dentro del mismo humedal. En la Isla Leona 2, todas las aves Cormoranes muestreadas fueron hembras, con rangos de peso 2 a 3.1±0.26 lb, similar a lo encontrado por Cifuentes y Ruiz (2009), donde el peso corporal fue de 1.8 a 2.0 kg (3.96 a 4.4 lb), la talla de 58 - 73 cm, y la envergadura de aproximadamente 95 cm; esto evidencio que el peso máximo de los Cormoranes en estudio fue de 3.1 libras (lb), la longitud de estas aves se encontraron dentro del rango de los tamaño reportados, con una talla que oscila entre 61-74±4.37 cm y una envergadura que se encontró en el rango de 98-106±5.02 cm. De igual forma el análisis de correlación para pesos y parásitos adultos resultó con $r = 0.28$, lo que indica que no existe relación entre las variables, también se observó que no hay relación entre la carga parasitaria en estado larvario y el peso de los Cormoranes con $r = 0.23$, para relacionar la talla y la carga parasitaria adulta, el análisis mostró independencia entre variables con valor de $r = 0.004$, asimismo, la talla y la carga parasitaria en estadio larvario están relacionadas con un valor de $r = 0.01$. Las aves mostraron bajos pesos, lo cual fue debido probablemente a que los Cormoranes estaban en periodo de anidación (Figura 3), el comportamiento de los pesos y tallas es heterogéneo, mientras que la envergadura se muestra homogénea entre individuos.

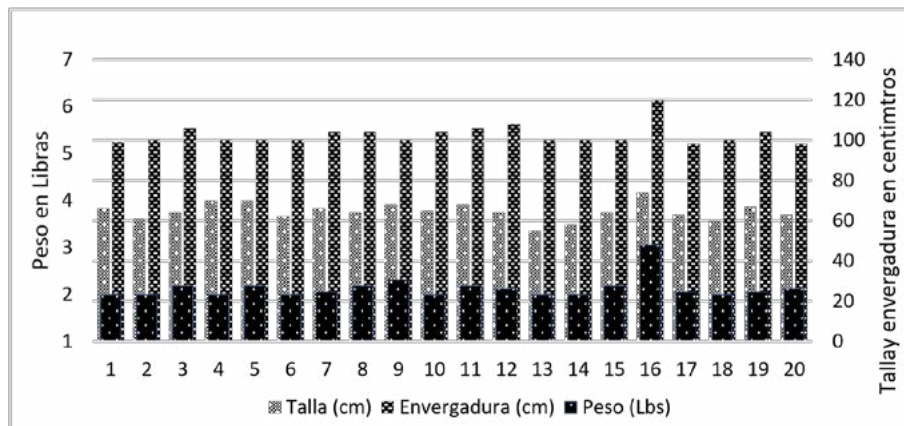


Figura 3. Descripción morfométrica de los Cormoranes de Isla Leona 2

De los 30 Cormoranes de la Isla Trinidad, 3 fueron machos y 27 hembras, con una oscilación de peso entre 1 a 3±0.54 libras, una talla en el rango de 55 a 75±5.26 cm y una envergadura de 88 a 107±4.70 cm (Figura 4), se observó un comportamiento similar al encontrado en la Isla Leona 2, donde los individuos se encontraban en anidación. A pesar de que Peña y Quirama (2014), expresan que tanto la hembra como el macho comparten la tarea de empollar los huevos, la proporción de machos y hembras al momento del muestreo fue totalmente asimétrico, pero se considera que la teoría es correcta al haber ambos sexos empollando los huevos en los nidos en esta Isla.

Al evaluar la prueba de correlación para peso y carga parasitaria adulta, no se encontró relación entre ambas variables ($r = 0.33$), es decir que la carga parasitaria es independiente al peso de los Cormoranes. Por otra parte, el peso y la carga parasitaria en estado larvario mostró una significancia estadística ($p > 0.05$)

con el valor $r = -0.37$, lo que indica que las variables son inversamente proporcionales, al disminuir el peso aumenta la carga parasitaria en estado larvario. Con relación a la talla y la carga parasitaria adulta, el valor de $r = 0.25$, se determinó que no existe relación entre estas variables; la talla y la carga parasitaria en estado larvario con $r = 0.10$, pudiéndose determinar que no existe diferencia entre las variables, son independientes una de la otra.

La prueba de Chi Cuadrado, permitió establecer la relación entre las poblaciones de Cormoranes con un nivel de significancia de $p > 0.05$, se determinó que los Cormoranes poseen similares cantidades de cargas parasitarias de las Islas Leona 2 y Trinidad, con un valor $X^2 = 2.53$. Según la Figura 4, el peso y la talla se comportan de manera heterogénea, mientras que la envergadura presenta una oscilación más homogenizada por secciones, es decir que el comportamiento de esta variable es más constante.

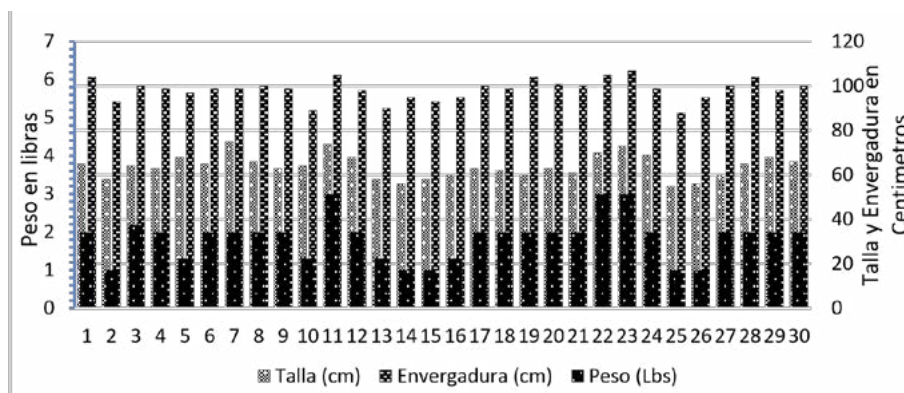


Figura 4. Descripción morfométrica de los Cormorán de la Isla Trinidad.

Parasitismo por *Contraecaeum* sp.

Del total de los Cormoranes examinados, se obtuvo una población parasitaria de 1,014 nematodos, los cuales fueron identificados mediante las claves taxonómicas de Vidal *et al.* (2001), los tamaños de los nematodos parásitos fueron entre 4-15 mm en estadios larvarios y 16 mm a 32 mm en adultos (Figura 5). Según Olivero y Baldiris (2008), están dentro del rango establecido, también se observó todo el sistema digestivo completo y el anillo nervioso (Figura 6).



Figura 5. Tamaño máximo encontrado de *Contraecaeum* sp.

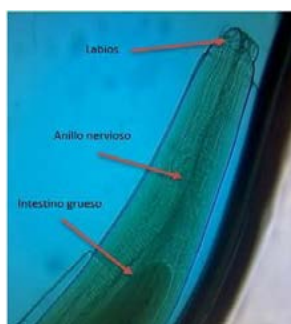


Figura 6. Estadio adulto de *Contraecaeum* sp.

La mayoría de los parásitos se encontraron en la cavidad estomacal y en pocas cantidades a nivel de esófago. Poseen un diente cuticular (Figura 7), estrías transversales y cutícula gruesa color blanquecino según detalla Cordero *et al.* (2002).

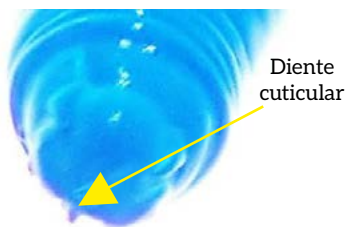


Figura 7. Larva de *Contraecaeum* sp.

El extremo medial contiene básicamente los intestinos del espécimen. En el extremo distal, se observa una cola cónica que termina en punta roma sin mucrón, pero en el estadio larvario aún no estaban desarrollados los órganos reproductores, lo que concuerda con Vidal *et al.* (2001), quienes informaron que en adultos se observa mucho más el desarrollado los órganos que en las larvas.

Además, presenta ciego intestinal en la porción anterior del nematodo, característica exclusiva de ese espécimen (Figura 6), la presencia de apéndice esofágico en la porción media del parásito es determinante para la identificación, el extremo posterior es cónico, la cola post-anal es larga y no presenta espina terminal, presenta espículas que forman parte del aparato reproductor del macho (Figura 8).

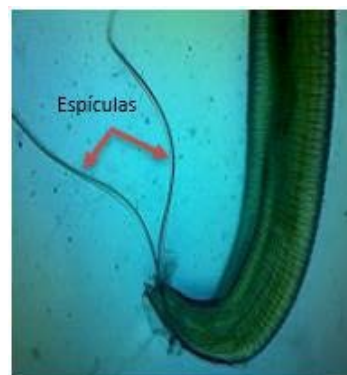


Figura 8. Parte inferior de *Contraecaeum* sp. del macho

Paramentos epidemiológicos

Prevalencia y carga parasitaria media de los Cormoranes

Con respecto a las cargas parasitarias en el estómago de los Cormoranes de la Isla Leona 2 (Cuadro 4), se encontraron un total de 223 parásitos, 69 en estado adulto y 154 en estado larvario, seis especímenes mostraron una carga parasitaria de cero, mientras que cuatro muestran en una carga parasitaria menor o igual a cinco; además, se registraron 10 aves con una carga parasitaria entre 11 a 25. Según la información anterior y con la aplicación del "Criterio para la tasa

de infestación parasitaria”, propuesto por Pardo *et al.* (2008), se puede asumir que las aves muestreadas en la Isla La Leona 2, se consideran con una carga parasitaria leve, ya que se encuentran dentro del rango de 0 a 100 parásitos por espécimen.

La Isla Trinidad, mostró un total de 791 parásitos, comprendiendo 38 adultos en el esófago, 598 adultos en el estómago y 155 en estado larvario en el estómago, cinco individuos presentaron una carga parasitaria de cero, tres individuos con un rango menor o igual a 10 y el resto se encontró con una oscilación entre 11 a 80 parásitos por individuo. Retomando el criterio de Pardo *et al.* (2008), se puede asumir que los especímenes muestreados en la Isla Trinidad, poseen una carga parasitaria leve, ya que se encuentran

dentro del rango de 0 a 100 parásitos por espécimen.

Al analizar y comparar la carga parasitaria (Cuadro 4), se afirma que en ambos lugares es similar en estado larvario, mostrando el adulto una alta diferencia (Isla Trinidad posee 21.74% más parásitos que la Isla Leona 2). Según Torres *et al.* (2010) en época seca para un total de 40 Cormoranes (*Phalacrocorax brasilianus*), se encontraron 144 nematodos del género *Contracaecum*, y un 49.3% de las hembras adultas estaban grávidas, por lo que se puede afirmar que las poblaciones parasitarias de las aves en estudio, llegan a almacenar cantidades elevadas de parásitos en el aparato digestivo.

Cuadro 4. Carga Parasitaria de Cormoranes de las Islas Leona 2 y Trinidad.

Órgano afectado	Isla Leona 2		Isla Trinidad		Total
	E. Larvario	E. Adulto	E. Larvario	E. Adulto	
Esófago	0	0	0	38	38
Estomago	1	222	155	598	976
Total	1	222	155	636	1014

Según Consuegra (2009), la prevalencia parasitaria en aves piscívoras muestreadas fue del 96% en la época de lluvia y 83.33% en la época seca, resultados que coinciden con los hallazgos del Cerrón Grande (Cuadro 5). Garbín *et al.* (2014), manifiestan que la prevalencia en sus estudios fue del 100% en época seca y una intensidad media en adultos de 18 y en larvas de un 88.67, todos a nivel estomacal, esto refleja que los factores climáticos, ecológicos y geográficos poseen relevancia debido a la abundancia parasitaria en el sitio de muestreo.

Cuadro 5. Prevalencia y Carga parasitaria media del embalse Cerrón Grande

Lugar	Prevalencia	CP media
Leona 2	70%	16
Trinidad	83%	32
Cerrón G.	78%	26

CP= Carga parasitaria

Torres *et al.* (2010), encontraron una prevalencia del 88.9% en la época seca y una carga parasitaria media de 20.3 con un rango de 1-62 nematodos por individuo, por lo cual se deduce que los Cormoranes se infestan de diferentes sitios y no comparten aguas afluentes en común y algunas de ellas tienen presencia del nematodo en estudio. Según la identificación de los parásitos recolectados dentro de las Islas, se encontraron 25 especímenes parasitados con *Contracaecum* en la Isla Trinidad y 14 estaban parasitados en la Isla La Leona 2. El Cuadro 5, muestra que la prevalencia en Isla Leona 2 es del 70%, lo que significa que solo el 30% de la población de Cormoranes que habitaban en esta Isla, no presentaron parásitos, el valor de la carga parasitaria media por cada individuo parasitado fue de 16 nematodo *Contracaecum*; mientras que la prevalencia de la Isla Trinidad es de 83%, es decir que solo un 17% de la población de Cormoranes de esta Isla se encuentra con una carga parasitaria de

cero, con esto se determina que el valor promedio de parásitos por individuo es de aproximadamente 32 nematodos. En general la prevalencia es del 78% (Figura 9) y la carga parasitaria media de 26 nematodos por Cormorán (Figura 10). Pacheco *et al.* (2015), registraron 642 nematodos identificados como *Contraecum rudolphii* en cinco aves Cormoranes en la subcuenca del río Titihuapa, ubicado entre Cabañas y San Vicente, cercano al Cerrón Grande, el autor menciona que es el parásito que comúnmente parasita estas aves acuáticas, identificándose en esta investigación el género taxonómico del nematodo de la familia *Anisakidae* del género *Contraecum* y debido a la similitud de las características mencionadas por Pacheco *et al.* (2015) y las que se presentaron en los nematodos del estudio, podría ser *C. rudolphii*, para lo cual se necesita corroborarlo con técnicas moleculares.

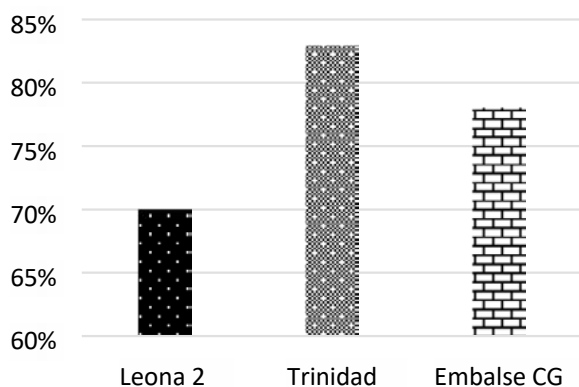


Figura 9. Prevalencia de *Contraecum* sp.

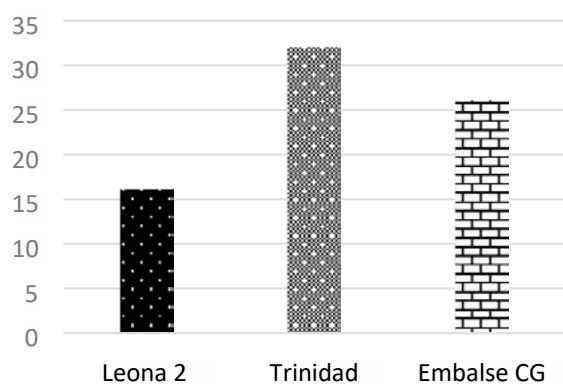


Figura 10. Carga parasitaria *Contraecum* sp.

CONCLUSIONES

Para el periodo en que se desarrolló el estudio, no se encontró evidencia que relacione biológicamente los nematodos *Contraecum* y las poblaciones de tilapia silvestre, ni a nivel de sistemas de producción comercial.

Las poblaciones de Cormoranes incluidas en el estudio mostraron una prevalencia y carga parasitaria general de 78% y 26% respectivamente, convirtiéndose en un riesgo para la infestación de otros peces de interés comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- ADEL-FIAES. 2013. Términos de referencia consultoría para la investigación de la caracterización del pato cormorán neotropical *Phalacrocorax brasilianus* del Cerrón Grande, para determinar su aprovechamiento como materia prima para elaborar productos agroindustriales, industriales o artesanales. 16p.
- ADEL-FIAES. 2014. Investigación de la caracterización del Pato Cormorán Neotropical *Phalacrocorax brasilianus* del humedal Cerrón Grande, para determinar su aprovechamiento como materia prima para la elaboración de productos agroindustriales, industriales o artesanales, Chalatenango, El Salvador, Centro América. 26p.
- Alvarado Panameño, JF. 2016. Monitoreo parasitológico de peces en aguas continentales en El Salvador. (en prensa).
- Álvarez López, H; Ríos Herrera, R. 1999. Guía de las Aves de la reserva natural Laguna de Sonso. 26 p. (en línea) Disponible en: https://issuu.com/natucreativa/docs/gu__a_de_las_aves_de_la_reserva_nat
- Audicana, TM; Kennedy. MW. 2008. Anisakis simplex: from obscure infectious worm to inducer of immune hypersensitivity. *Clinical Microbiology Reviews*. Vol. 21. American Society of Microbiology. 361p.
- Blanar, CA; Munkittrick, KR; Houlahan, J; Maclatchy, DL; Marcogliese, DJ. 2009. Pollution

- and parasitism in aquatic animals: a meta-analysis of effect size. *Aquat toxicol.* (en línea). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19349083>
- Cifuentes Sarmiento, F; Ruiz Guerra, C. 2009. Planes de acción para nueve especies de aves acuáticas (Marinas y Playeras) de las costas colombianas. Asociación Calidris. Cali, Colombia.
- Consuegra Solórzano, A. 2009. Parasitos nemátodos-anisákidos en peces y aves piscivoros del complejo cenagoso de caimito en el departamento de sucre Colombia. Magister en Ciencias Ambientales. Cartagena, España. Universidad de Cartagena, España. 4-28p.
- Cordero Del Campillo, M; Rojo Vásquez, FA; Martínez Fernández, AR; Sánchez Acedo, M; Hernández Rodríguez, S; Navarrete Lopez-Cozar, I; Diez Baños, P; Quiroz Romero, H; Carvalho Varela, M. 2002. *Parasitología Veterinaria*. 1 ed. Aravaca, Madrid, España. McGRAWHILL. 902-906p.
- EcuRed. 2017. Lago de Ilopango. Disponible en: https://www.ecured.cu/Lago_Ilopango
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma, Italia. 63p.
- Garbin, L; Capasso S; Diaz, JI; Morgenthaler Annick, Millones, A; Navone G. 2014. Nuevo hospedador y registro geográfico de *Contracaecum australe* (Nematoda, Anisakidae) parasitando a *Phalacrocorax gaimardi* (Aves, Phalacrocoracidae) en costas del Atlántico Sudoccidental. *Revista Argentina de Parasitología*. Vol II. Argentina. 7p.
- Grupo Cel. 2015. Central hidroeléctrica Cerrón Grande: Disponible en: <http://www.cel.gob.sv/central-hidroelectrica-cerron-grande/>
- Hamann, MI. 1999. Aspectos ecológicos de la relación parasitaria entre larvas de *Contracaecum* sp. (Nematoda, Anisakidae) y *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1860 (Pisces, Characidae) en poblaciones naturales del nordeste argentino. *Boletín chileno de Parasitología*. Argentina. (en línea). Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-94021999000300007
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2016. Ampliación del área bajo riego en el distrito de riego y avenamiento N° 2, Atiocoyo Unidad Norte. Disponible en línea: <http://www.mag.gob.sv/ampliacion-del-area-bajo-riego-en-el-distrito-deriego-y-avenamiento-no-2-atiocoyo-unidad-norte/>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. Estrategia y plan Operativo. Humedal Embalse Cerrón Grande. 12p.
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2013. Integrating animal health surveillance and food safety: the example of Anisakis. *Boletín OIE*. Paris, Francia. 487p.
- Olivero Verbel, J; Baldiris Avila, R. 2008. Parasitos en peces colombianos: Están enfermando nuestros ecosistemas. Cartagena, España. Universidad de Cartagena. 1112p.
- Oyarzun-Ruiz, P; Basso, E; Medel, Javier; Muñoz-Alvarado, P. 2016. Parásitos. Los organismos relegados de nuestra biodiversidad. La Chiri Coca. Chile. 10p. (en línea). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/307559911_Parasitos_los_organismos_relegados_de_nuestra_biodiversidad
- Pacheco, A; Hernández, AN; Rivera Moreno, MA; Orellana Varela, JE; Caceres Cruz, ID; Rodríguez Varela, M. 2015. Ictiofauna y parasitismo en la subcuenca del río Titihuapa, departamentos de Cabañas y San Vicente, El Salvador. *El Salvador. Universitario*. 1 ed. 16, 20-21p.
- Pardo C., S; Zumaque M, A; Noble C., H; Suarez M., H. 2008. *Contracaecum* sp. (Anisakidae) en el pez *Hoplias malabaricus*, capturado en la Ciénaga Grande de Lorica, Córdoba. Medellín, Colombia. (En línea) Disponible en: www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682008000200005
- Peña R; Quirama, T. 2014. Guía Ilustrada Aves Cañón del río Porce - Antioquia. EPM E.S.P. Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia Medellín, Colombia. 270p.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales),

MARN (Ministerio de Recursos Naturales y medio Ambiente). 2002. "Estrategias de Descontaminación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa". El Salvador. 2 p. (en línea). Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/DOCUMENTO.ESTRATEGIAS.pdf>

Torres, P; Valdivieso, J; Schlatter, R; Monteffusco, A; Revenga, J; Marín, F; Lamilla, J; Ramallo G. 2010. Infection by *Contracaecum rudolphii* (Nematoda: Anisakidae) in the Neotropic cormorant *Phalacrocorax brasiliaunus* and fishes from the estuary of the Vadivia river, Chile. 102-104p.

Urquhart, GM; Armour, J; Duncan, JL; Dunn AM; Jennings FW. 2001. Parasitología Veterinaria. Sánchez Acedo, C; Del Cacho Malo, E; Quílez Cinca, J; López Bernard F. 2 ed. Zaragoza, España, ACRIBIA. 16 p.

Vidal Martínez, V.M., Aguirre Macedo, M.L., Scholz, T., Gonzalez Solis, D., y Mendoza Franco, E.F. 2001. Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of México. México. CONABIO. 8-164p.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Diversidad de peces en el río Titihuapa, Cabañas y San Vicente, El Salvador

Fish diversity in the Titihuapa River, Cabañas and San Vicente, El Salvador

Pérez, D.¹, Sermeño-Chicas, J.M.², López-Sorto, R.³

RESUMEN

Los recursos naturales están siendo sometidos a una mayor presión de contaminación con el paso del tiempo. Mantener sus condiciones sin contaminar es un reto a fin de preservarlos para las presentes y futuras generaciones. La degradación ambiental ha ocasionado que los recursos hídricos se vean fuertemente impactados, por lo que dicho proceso puede llevar a la degradación de los ecosistemas y a la correspondiente disminución de la calidad de vida, con altos costos económicos y sociales. Los ríos se convierten en uno de los recursos que han sufrido un fuerte deterioro por la presión humana que cada vez tiende a ser mayor. Con el fin de conocer la presencia de Familias y especies de peces en una longitud de 50.36 kilómetros del cauce del río Titihuapa, departamentos de Cabañas y San Vicente, El Salvador. El objetivo fue estimar las poblaciones de peces en un estudio de campo de tres meses (febrero, marzo y abril 2016), mediante muestreos no destructivos. Los resultados evidencian las limitadas cantidades, tanto en cantidad de individuos como de especies, encontrándose 4 familias con 9 especies de peces. La familia Cichlidae con 4 especies, seguido de Poeciliidae con 3 y Characidae y Ariidae con una especie cada una. De igual forma se encontró que las especies de peces más abundantes fueron *Poeciliopsis pleurospilus* (guatopote), *Amatitlania nigrofasciata* (burrita), *Heterandria anzueto* (chimbolo) y *Astyanax aeneus* (Plateada). Se identificó la presencia de parásitos *Contraecum* sp. en las especies de peces *Ariopsis guatemalensis* y *Heterandria anzueto*. Un hallazgo importante fue que se observaron altas poblaciones del ave conocida a nivel local como Pato Chancho o cormorán de la especie *Phalacrocorax brasilianus*, el cual se relacionado con el parásito *Contraecum*.

Palabras clave: pato chancho, cormorán neotropical, *Contraecum*, *Phalacrocorax brasilianus*

ABSTRACT

Natural resources are coming under increased pressure from contamination over time. Keeping their conditions uncontaminated is a challenge in order to preserve them for present and future generations. Environmental degradation has caused water resources to be strongly impacted, so this process can lead to the degradation of ecosystems and a corresponding decrease

- 1 Departamento de Ciencias Agronómicas, Facultad Multidisciplinaria Paracentral, Universidad de El Salvador. dago.perez@ues.edu.sv
- 2 Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. jose.sermeno@ues.edu.sv
- 3 Fundación Coatepeque, biólogo regente, Formulación y Coordinación de proyectos. Lago de Coatepeque. rubensorto3@yahoo.com

in the quality of life, with high economic and social costs. Rivers become one of the resources that have suffered a severe deterioration due to human pressure that is increasingly tending to be greater. In order to know the presence of families and species of fish, a study was carried out during February, March and April 2016 in a part of the channel of the Titihuapa River, which is located in the departments of Cabañas and San Vicente of El Salvador and has a length of 50.36 kilometers, its waters flow into the Reservoir of La Presa 5 de Noviembre. The objective of this work was to estimate the fish populations at different sampling sites. The field study lasted three months (February, March and April 2016), using non-destructive sampling. The results show the limited quantities both in number of individuals and of species found during the three months that the study lasted, a total of 9 species and 4 families of fish were found. The family with the highest number of species was *Cichlidae* with 4 species, followed by *Poeciliidae* with 3 and *Characidae* and *Ariidae* with one species each. Similarly, it was found that the most abundant fish species were *Poeciliopsis pleurospilus* (guatopote), *Amatitlania nigrofasciata* (burrita), *Heterandria anzueto* (chimbolo) and *Astyanax aeneus* (plateada). The presence of *Contraecum* sp. Parasites was identified, in the fish species *Ariopsis guatemalensis* and *Heterandria anzueto*. An important finding was that high populations of the bird known locally as Pato Chancho or cormorant of the *Phalacrocorax brasilianus* species were observed, which is related by various authors to the *Contraecum* sp parasite, at the same time it was possible to corroborate its presence of said parasite in the organism of some fish.

Keywords: Pig duck, Neotropical Cormorant, *Contraecum*, *Phalacrocorax brasilianus*

INTRODUCCIÓN

La mayor cantidad de ríos de El Salvador, se encuentran sometido a diversas condiciones de contaminación y con frecuencia la carencia de ordenanzas municipales termina por facilitar la descarga de aguas grises sin recibir proceso de depuración de parte de las comunidades e industrias que utilizan los cuerpos de agua continentales como cuerpos receptores de aguas residuales, lo cual ha ocasionado que los efluentes domésticos (cloacales) transporten no solamente la materia fecal y orina de las personas o animales domésticos, sino también la flora bacteriana asociada, conocida en su conjunto como coliformes (con forma de coli), nombre derivado de la *Escherichia coli*, principal bacteria entérica. A pesar de ser encontradas en el suelo y agua en condiciones naturales, estas bacterias coliformes están presentes principalmente en el intestino de los mamíferos. Los llamados efluentes domésticos descargan, tanto líquidos cloacales como desechos líquidos de algunos procesos industriales. La diferencia del poder contaminante entre los desechos industriales y domésticos radica principalmente en la cantidad de materia orgánica y microorganismos que contienen (Muniz *et al.* s.f.).

La contaminación que presentan muchos ríos, ha ocasionado que no reúnan las condiciones para el desarrollo de diferentes especies de peces.

Desgraciadamente en El Salvador existen pocos estudios que evidencien dos aspectos importantes, por un lado, una sistematización de la población de peces presentes en cuanto a cantidad y especies, y por el otro los niveles de contaminación del vital líquido, mismo que es utilizado como fuente de alimentación para un buen número de pobladores. Existen trabajos que evidencian los altos niveles de contaminación de los recursos hídricos, especialmente los ríos de El Salvador. La Subcuenca del río Titihuapa, así como otros cauces y fuentes de agua dulce en el país, constituye una importante fuente de recursos naturales útiles para los pobladores y la biodiversidad del territorio nacional, por lo que su conservación es de vital importancia (Asociación de Desarrollo Económico Social, ADES; Universidad de El Salvador e Iglesia Unida de Canadá 2015).

Uso de peces como indicadores de calidad del agua

El primer sistema multimétrico que permite conocer la calidad del agua se desarrolló para aplicarse en peces, sin embargo, fue usado de modelo en otros organismos como los macroinvertebrados acuáticos (Fore *et al.* 1996, citado por Vásquez-Silva *et al.* 2006). Los peces han sido ampliamente utilizados en la evaluación de la integridad biótica en arroyos y ríos de Norteamérica, también se han adoptado para evaluar la calidad ambiental en lagos y más recientemente

en estuarios de Norteamérica y Europa. Numerosos grupos de organismos han sido propuestos como indicadores de la calidad ambiental en los sistemas acuáticos, sin embargo, las comunidades de peces han surgido como indicadores para los programas de monitoreo biológico (Velázquez y Vega 2004, citados por Vásquez-Silva *et al.* 2006). Este grupo es el único que es monitoreado fácilmente por el público o grupos interesados como los pescadores. Los peces por ser el ápice de la cadena alimentaria, reflejan efectos de contaminación directa e indirecta, esta última por alimentarse de otros peces contaminados. No obstante, tienen una gran movilidad dentro del ambiente acuático, pudiendo escapar de la contaminación y volver cuando las condiciones hayan mejorado. Los peces han sido ampliamente utilizados para evaluar la integridad biótica en arroyos y ríos (Arce *et al.* 2006).

En general, los peces son considerados buenos indicadores de la calidad del medio, por lo que una gran diversidad y abundancia de estos en ríos, lagos y lagunas indican un ambiente sano para todas las demás formas de vida. Por el contrario, una elevada mortandad o un porcentaje alto de peces enfermos podrían ser causados directa o indirectamente por niveles considerables de contaminantes (Huidobro 2000, in Vásquez *et al.* citados por Arce *et al.* 2006).

Presencia de parásitos en peces

Los peces juegan un rol importante en lo ambiental y alimenticio, por lo que su preservación y conservación es vital. Se han realizado estudios que evidencian la presencia de parásitos en peces. Un estudio realizado en ejemplares de aves cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) del Lago Guaíba, Estado Guaíba de río Grande do Sul de Brasil, se encontraron 20 especies de parásitos helmintos, ocho nematodos, entre ellos *Contracaecum rudolphii* (Amato *et al.* 2006), lo cual hace presagiar que estas especies de aves se convierten en un reservorio de una gran variedad de organismos que por su rol ecológico pueden ser una importante fuente de contaminación para la fauna piscícola.

El género *Contracaecum* pertenece a la familia Anisakidae, la cual incluye parásitos de considerable importancia económica y médica (Mancini *et al.* 2014). Estudios realizados de la fauna de helmintos de cormoranes neotropicales, *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin, 1789) en Brasil, particularmente en el estado más austral de río Grande do Sul, se encontró que los nematodos viven sueltos en el proventrículo / ventrículo o en grupos de adultos de diferentes edades y de estadios larvarios L3 y L4, formadores de granulomas eosinofílicos, con una prevalencia del 100% en 47 cormoranes neotropicales del Lago Guaíba, Municipio de Guaíba (Brasil). La morfología de los labios / interlabia, el patrón de distribución de las papilas caudales en machos examinados con microscopía electrónica de barrido (SEM) y las puntas de las espículas permitió la determinación de la especie como *Contracaecum rudolphii* Hartwich, 1964 *sensu lato* (s. l.). Este es el primer registro de *C. rudolphii* en el sur de Brasil (Amato *et al.* 2006). Estudios posteriores establecen que *Contracaecum* se encontraron adheridos al mesenterio y la serosa que recubre el estómago, superficie parietal del hígado e intestinos (Barros *et al.* 2007).

Otra investigación realizada en peces *Sorubim cuspicaudus*, identificó parásitos *Contracaecum* en estado larval III, color blanquecino, dos labios en el extremo anterior, un diente cuticular cónico y ligeramente romo. El extremo posterior cónico, con dos glándulas anexas, ano y mucrón; la cola post-anal larga y sin espina terminal (Pardo *et al.* 2009). Además, para Ciénaga Grande de Loric en el departamento de Córdoba, Colombia, se determinó que a pesar de la alta prevalencia parasitaria de *Contracaecum* (Anisakidae) en el pez *Hoplias malabaricus*, no hubo signos de enfermedad en el pez moncholo. Se pudiera pensar que la infestación fue baja que no causó alteraciones patológicas (infestaciones entre moderada y leve), pero también pudiera pensarse que el nematodo es parte de la fauna acompañante del moncholo y que únicamente bajo condiciones ambientales adversas pudiera manifestar enfermedad (Pardo *et al.* 2008).

En tal sentido, en un estudio realizado en el río

Titihuapa (departamentos de San Vicente y Cabañas), El Salvador, por la Asociación de Desarrollo Económico Social, ADES; Universidad de El Salvador e Iglesia Unida de Canadá (2015), se encontró la presencia de hembras y machos de *Contracaecum rudolphii*, una de las especies del género más abundantes en aves acuáticas, principalmente en *Phalacrocorax brasilianus* (Amato *et al.* 2006). En dicho estudio se identificaron larvas de *Contracaecum* infectando peces, un parásito común en ellos en otras latitudes y pariente cercano de *Ascaris lumbricoides*, la mayor lombriz intestinal del humano. *Contracaecum* utilizan a los peces como hospedero intermediario para llegar al ventrículo de las aves ictiófagas, su hábitat final. Las aves depositan heces con huevecillos que eclosionan las larvas en las fuentes de agua y son ingeridos por pequeños crustáceos, donde se desarrolla un segundo estadio larval (L2), para ser consumidos por los peces en quienes crece una larva de mayor tamaño conocida como L3 o de tercer estadio que es la etapa infectante para el ave al momento de alimentarse, completándose el ciclo. El hallazgo de las formas adultas del parásito en el ave *P. brasilianus* permite relacionar al ave con la transmisión del parásito en la Subcuenca (Asociación de Desarrollo Económico Social, ADES; Universidad de El Salvador e Iglesia Unida de Canadá 2015).

Pato chancho o cormorán *Phalacrocorax brasilianus*

El pato chancho o Cormorán *Phalacrocorax brasilianus*, es un ave estacionaria de la familia Phalacrocoracidae, propia de humedales que se alimenta de peces y al volar de un sitio a otro en búsqueda de alimento, puede diseminar diferentes especies de parásito en ecosistemas donde antes no los había, alterando el equilibrio natural (Conde-Tinco 2013 citado por Asociación de Desarrollo Económico Social, ADES; Universidad de El Salvador e Iglesia Unida de Canadá 2015).

El ave es conocida como Cormorán Neotropical, Cormorán oliváceo, pato yuyo, pato buzo, longuillo, pato cuervo, aunque en El Salvador se le conoce como

pato chancho, debido a que el ruido que hacen es similar al que producen los cerdos o chanchos (según pobladores locales de la zona del río Titihuapa), es un ave relativamente grande de color negro brillante, con pico negro, largo, delgado y ganchudo en el extremo; patas negras, bolsa gular y piel facial desnuda amarillo opaco, delineada posteriormente por una estrecha banda blanca (Cifuentes-Sarmiento y Ruiz-Guerra, 2009). Los juveniles son más grisáceos y opacos. Nadan con el cuerpo parcialmente sumergido, a veces con solo el cuello fuera del agua. Vuelan y pescan en grandes grupos y anidan en colonias multitudinarias en árboles altos (Álvarez-López y Ríos-Herrera 1999). El individuo juvenil de primer o segundo año tiene corona y partes superiores café y coberteras menores bordeadas de claro, pecho con café claro e iris café oscuro. Los individuos de más de un año tienen en la corona y partes superiores una mezcla variable de café oscuro y negro poco brillante con pecho de color café oscuro, plumas blanquecinas del cuello ornamentales reducidas e iris verde (Cifuentes-Sarmiento y Ruiz-Guerra 2009). Las aves de cormoranes hembras pesan entre 2.0 a 3.1 libras, la talla de 58 - 73 cm, y la envergadura de 95 cm, aproximadamente, con un rango que osciló entre 98 a 106 cm (Iraheta-Hernández 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en la estación seca en los meses de febrero, marzo y abril de 2016. Los sitios se distribuyeron estratégicamente de acuerdo a algún nivel de afectación recibido, ya sea por otro recurso hídrico o algún tipo de impacto social. Por tanto, se consideraron los siguientes.

Sitio 1: parte inmediatamente baja donde el río Titihuapa converge con el río El Molino (Figura 1).

Sitio 2: parte alta donde converge con la Quebrada Chico Santos o Zapotal, ubicado aproximadamente a 1000 metros aguas abajo del Sitio 1 (Figura 2).

Sitio 3: parte baja donde converge con el río Machacal, ubicado aproximadamente a 1,800 metros del Sitio 2 (Figura 3).

Sitio 4: parte baja del puente que divide San Isidro Cabañas y San Esteban Catarina, San Vicente,

ubicado aproximadamente a 7,850 metros del Sitio 3 (Figura 4).



Figura 1. Sitio de convergencia entre el río Titihuapa y río El Molino. Fotografías de Pérez, D.



Figura 2. Condiciones generales del Sitio 2 del río Titihuapa. Fotografías de Pérez, D.



Figura 4. Condiciones generales del Sitio 6 del río Titihuapa, donde se realizó el muestreo. Fotografías de Pérez, D.



Figura 3. Condiciones generales del Sitio 3 del río Titihuapa, donde se realizó el muestreo. Fotografías de Pérez, D.

Metodología de muestreo de peces

Para el muestreo de peces se utilizó una atarraya de mediana proporción. Y se desarrolló de manera no destructiva, o sea que luego de identificar los peces, éstos fueron devueltos al río. Primero, se identificaron tramos del río representativos de 50 metros lineales aproximadamente con los rasgos típicos, se tomaron en cuenta aguas de desplazamiento rápido, moderado, remansos y pozas, de igual forma se consideraron tanto ambientes de sombra como luminosos.

Para el muestreo de las diferentes especies de peces se combinaron dos técnicas de muestreo: 1) se realizaron un total de 12 lances efectivos en cada tramo con una atarraya de 2.6 x 4.5 metros de envergadura con un calibre de hilo monofilamento de 0.3 mm, y 1/4" de luz de malla (Figura 5). Además, se realizó muestreo dirigido en sitios de difícil acceso con otros métodos de muestreo (Figura 6). Los peces capturados se depositaron en cubetas con agua para su identificación, la cual se realizó con la ayuda de literatura especializada. También, a los peces se les tomaron fotografías y después, estos fueron devueltos al ecosistema acuático. La distancia comprendida entre la ubicación del sitio uno y el sitio cuatro fue aproximadamente de 11 kilómetros.



Figura 5. Lances de atarraya para el muestreo de peces.
 Fotografías de Pérez, D.



Figura 6. Muestreo dirigido de peces en sitios de difícil acceso con otros métodos de muestreo. Fotografías de Pérez, D.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancias y diversidad de peces en un tramo del río Titihuapa

Los resultados de la investigación realizada entre los meses de febrero a abril del 2016 en los 4 sitios de muestreo del río Titihuapa, reflejan una cantidad de 9 especies presentes distribuidas en 4 familias de peces (Cuadro 1). La familia con mayor número de especies fue Cichlidae (4), seguido de Poeciliidae con 3 y Characidae y Ariidae, con una especie cada una.

Sitio 1: La investigación de la diversidad y abundancia de peces, identificó 86 individuos de 3 géneros y 3 especies, correspondientes a 3 familias de peces en el transcurso de todo el estudio. Además, se encontró que *Astyanax aeneus* fue la más dominante en los muestreos realizados en febrero y abril, mientras que en marzo dominó la especie *Heterandria anzuetoi* (Cuadro 2). En febrero y marzo se encontraron tres especies en cada muestreo y en abril, sólo se registraron dos especies, lo que evidencia el bajo porcentaje de especies existentes en el río Titihuapa y posiblemente este influenciado por la pesca intensiva que se observa entre los pobladores locales.

Las especies más abundantes y que presentaron mayor porcentaje de ocurrencia en los tres muestreos realizados en la investigación fueron: *Heterandria anzuetoi* (Chimbolo) y *Astyanax aeneus* (Plateada) (Cuadro 3).

Cuadro 1. Diversidad de especies y familias de peces en febrero, marzo y abril de 2016 en cuatro sitios de muestreo del río Titihuapa.

Especie/nombre común	Familia	Cantidad de especie
<i>Ariopsis guatemalensis</i> (juilin)	Ariidae	1
<i>Astyanax aeneus</i> (plateada)	Characidae	1
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (burrita)	Cichlidae	4
<i>Amphilophus macracanthus</i> (mojarra negra)		
<i>Cryptoheros cutteri</i> (conguito)		
<i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia)	Poeciliidae	3
<i>Heterandria anzueto</i> (chimbolo)		
<i>Poecilia gillii</i> (olomina)		
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)		
Total	4	9

Cuadro 2. Abundancia y porcentaje de la abundancia de las especies de peces reportadas para el sitio 1 (río Titihuapa: parte baja donde converge con el río El Molino) durante 2016.

Especie/Nombre común	Mes muestreado					
	Febrero		Marzo		Abril	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	0	0	1	25	0	0
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	6	19	1	25	0	0
<i>Heterandria anzueto</i> (Chimbolo)	10	31	2	50	19	38
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	16	50	0	0	31	62
Cantidad de especies	3		3		2	
Total de peces identificados	32		4		50	

Cuadro 3. Promedio y porcentaje de la abundancia de las especies de peces reportadas para el sitio 1 en muestreos en febrero, marzo y abril de 2016 en el río Titihuapa (parte baja donde converge con el río El Molino).

Especies	Cantidad	Dominancia (%)
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	1	8.33
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	7	14.67
<i>Heterandria anzueto</i> (Chimbolo)	31	39.67
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	47	37.33
Total	86	100.00

Sitio 2: Los muestreos realizados en febrero, marzo y abril del 2016, permitieron la identificación de 156 individuos con 8 géneros e igual número de especies correspondientes a cuatro familias de peces (Cuadro 4). Los promedios del sitio 2, muestra cuales son las

especies más abundantes, el mayor porcentaje de ocurrencia lo dominan tres especies: *Heterandria anzueto* (Chimbolo), *Astyanax aeneus* (Plateada) y *Poeciliopsis pleurospilus* (Guatopote) (Cuadro 5).

Cuadro 4. Abundancia y porcentaje de las especies de peces reportadas para el sitio 2 (río Titihuapa: parte alta donde converge con la Quebrada Chico Santos o Zapotal) durante muestreos en febrero, marzo y abril de 2016.

Especie/Nombre común	Mes muestreado					
	Febrero		Marzo		Abril	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Amphilophus macracanthus</i> (Mojarra negra)	0	0	0	0	2	3
<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Juilin)	0	0	0	0	1	1
<i>Cryptoheros cutteri</i> (Conguito)	0	0	3	5	0	0
<i>Poecilia gillii</i> (Olomina)	1	5	1	2	0	0
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	10	50	4	6	17	23
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	1	5	1	2	6	8
<i>Heterandria anzueto</i> (Chimbolo)	8	40	2	3	45	61
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	0	0	51	82	3	4
Cantidad de especies	4		6		6	
Total de peces identificados	20		62		74	

Cuadro 5. Cantidad y dominancia de las especies de peces en el sitio 2 de muestreos en febrero, marzo y abril de 2016 en el río Titihuapa (parte alta donde converge con la Quebrada Chico Santos o Zapotal).

Especies	Cantidad	Dominancia (%)
<i>Amphilophus macracanthus</i> (Mojarra negra)	2	0.90
<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Juilin)	1	0.45
<i>Cryptoheros cutteri</i> (Conguito)	3	1.67
<i>Poecilia gillii</i> (Olomina)	2	2.33
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	31	26.32
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	8	5.04
<i>Heterandria anzueto</i> (Chimbolo)	55	34.60
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	54	28.68
Total	156	100.00

Sitio 3: El estudio de la diversidad y abundancia de peces, identificó 92 individuos de 8 géneros e igual número de especies correspondientes a tres familias en el transcurso de muestreos en febrero, marzo y abril de 2016 (Cuadro 6). La dominante en febrero fue *Poeciliopsis pleurospilus* (27%), en marzo *Astyanax aeneus* (39%) y en abril correspondió a la *Poecilia gillii* (43%). Las especies de peces más abundantes en el sitio 3, al final de los tres muestreos (Cuadro 7), correspondieron a *Poecilia gillii* (33%), *Heterandria anzueto* (25%) y *Astyanax aeneus* (12%).

Sitio 4: los resultados de la diversidad y abundancia

de peces reflejan que se identificaron a 33 individuos de 6 géneros e igual número de especies correspondientes a 3 familias en el transcurso de toda la investigación (Cuadro 8). En febrero y marzo, únicamente se encontraron dos especies, mientras que en abril cinco especies. *Heterandria anzueto*, es la especie dominante durante los tres muestreos con 67% en febrero y marzo y 48% en abril. El total de peces encontrados en el sitio 4 durante los tres muestreos, refleja cuales son las especies más abundantes y porcentaje de ocurrencia en el que se destaca la especie *Heterandria anzueto* (Chimbolo) con 60.7% (Cuadro 9).

Cuadro 6. Abundancia y dominancia de las especies de peces del sitio 5 (río Titihuapa: Parte baja donde converge con el río Machacal) durante en febrero, marzo y abril de 2016.

Especie/Nombre común	Mes muestreado					
	Febrero		Marzo		Abril	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Amphilophus macracanthus</i> (Mojarra negra)	1	9	1	4	10	17
<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Juilin)	1	9	1	4	0	0
<i>Cryptoheros cutteri</i> (Conguito)	1	9	0	0	0	0
<i>Poecilia gillii</i> (Olomina)	1	9	4	17	25	43
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	3	27	5	22	1	2
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	1	9	1	4	2	3
<i>Heterandria anzueto</i> (Chimbolo)	1	9	2	9	20	34
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	2	18	9	39	0	0
Cantidad de especies	8		7		5	
Total de peces identificados	11		23		58	

Cuadro 7. Cantidad y porcentaje dominancia de las especies de peces del sitio 3 de muestreos realizados en febrero, marzo y abril de 2016 en el río Titihuapa (Parte baja donde converge con el río Machacal).

Especie/Nombre común	Cantidad	Promedio (%)
<i>Amphilophus macracanthus</i> (Mojarra negra)	12	13
<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Juilin)	2	2
<i>Cryptoheros cutteri</i> (Conguito)	1	1
<i>Poecilia gillii</i> (Olomina)	30	33
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	9	10
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	4	4
<i>Heterandria anzueto</i> (Chimbolo)	23	25
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	11	12
	92	100

Cuadro 8. Abundancia y porcentaje de especies de peces para el sitio 4 (río Titihuapa: parte baja de puente que divide San Isidro Cabañas y San Esteban Catarina, San Vicente) durante muestreos en febrero, marzo y abril de 2016.

Especie/Nombre común	Mes muestreado					
	Febrero		Marzo		Abril	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia)	0	0	0	0	4	15
<i>Poecilia gillii</i> (Olomina)	0	0	0	0	4	15
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	0	0	1	33	0	0
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	0	0	0	0	5	19
<i>Heterandria anzueto</i> (Chimbolo)	2	67	2	67	13	48
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	1	33	0	0	1	4
Cantidad de especies por sitio	2		2		5	
Total de peces muestreados por sitio	3		3		27	

Cuadro 9. Promedio y porcentaje de abundancia de las especies de peces reportadas para el sitio 6 en muestreos para febrero, marzo y abril de 2016 en el río Titihuapa (parte baja de puente que divide San Isidro Cabañas y San Esteban Catarina, San Vicente).

Especies	Cantidad	Promedio (%)
<i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia)	4	4.94
<i>Poecilia gillii</i> (Olomina)	4	4.94
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Guatopote)	1	11.00
<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Burrita)	5	6.17
<i>Heterandria anzuetoii</i> (Chimbolo)	17	60.72
<i>Astyanax aeneus</i> (Plateada)	2	12.23
	33	100.00

Al comparar los resultados de diversidad entre las tres fechas en las que se realizaron los muestreos, se puede observar que los datos en cuanto al número de especies no es muy variable; los sitios 1 y 6, mostraron la diversidad más baja y el sitio 4 correspondiente a la desembocadura del río Machacal, registra una diversidad mayor, además el sitio 6 muestran un incremento de especies en el último muestreo, esto coincide con el registro de la especie *Oreochromis niloticus* (tilapia) que fue reportada únicamente para este sitio.

En cuanto al incremento de abundancia del sitio 3, a pesar de que su diversidad disminuyó para el tercer muestreo, el número de individuos de las especies *Heterandria anzuetoii* (Chimbolo) y *Poecilia gillii* (Olomina) aumentó, al mismo tiempo esto contribuyó para el incremento en el cálculo global de su abundancia.

Al comparar los resultados de la diversidad y abundancia entre los cuatro sitios muestreados (Cuadro 10), se encontró que el sitio 2, obtuvo un mejor registro en cuanto al valor de abundancia (156), mientras que el sitio 4, presentó el resultado más bajo. Al observar la diversidad de especies, los sitios 2 y 3 obtienen los mejores resultados, con un registro de ocho especies en cada sitio. El sitio 1 muestra la diversidad más baja de especies con solo 4. En general puede apreciarse que los sitios 1 y 4, presentaron la menor cantidad de especies, así como el menor número de peces, lo que está relacionado

posiblemente con que dichos sitios presentan casi permanentemente una afluencia de turistas y personas que se dedican a la pesca.

Cuadro 10. Diversidad y abundancia de especies de peces reportadas para los 4 sitios de muestreo realizados en febrero, marzo y abril de 2016 en el río Titihuapa.

Sitio	Cantidad de especies	Total de peces identificados
1	4	86
2	8	156
3	8	92
4	6	33
Totales	9 especies	367 individuos

Índice de diversidad y dominancia

El índice de diversidad y dominancia del índice de Simpson, cuyo valor en los ecosistemas naturales varía entre 0 y 1 y refleja que a mayor dominancia menor es la diversidad de las especies. En este caso en la investigación se encontró que los sitios 1, 2 y 4 presentaron la menor diversidad con resultados de 0.57, 0.49 y 0.52 (Cuadro 11). El sitio 3, presentó la mayor diversidad en relación al resto de los sitios muestreados (0.77).

A pesar que las condiciones generales del cauce del río, lucen con problemas aparentes de contaminación, especialmente por residuos sólidos provenientes de desechos orgánicos y plásticos (incluyendo recipientes de plaguicidas), se lograron encontrar 9

especies con 4 familias de peces, lo cual muestra la alta capacidad de adaptación a condiciones adversas que éstas presentan.

Cuadro 11. Promedios del Índice de Diversidad-

Dominancia de Simpson para los 6 sitios de muestreo del río Titihuapa y su afluente Quebrada Chico Santos o Zapotal en muestreos realizados en febrero, marzo y abril de 2016.

Sitio	1	2	3	4
Dominancia de Simpson	0.43	0.51	0.23	0.48
Diversidad de Simpson	0.57	0.49	0.77	0.52

Presencia del parásito *Contracaecum* (Railliet & Henry) (Nematoda: Anisakidea) en peces del río Titihuapa, Cabañas y San Vicente, El Salvador

Debido a los comentarios de los pobladores aledaños a la subcuenca del río Tutihuapa que manifiestan la existencia de parásitos en los peces de consumo humano, se tomó la decisión de realizar el análisis de laboratorio para verificar dicha información, que por cierto aparece registrada en otro estudio que se realizó en 2015 donde manifiestan que existen testimonios orales de los habitantes de la subcuenca quienes coinciden en afirmar que la problemática del parasitismo en los peces se observa desde hace unos tres o cuatro años, simultáneo al apareamiento de “aves negras” (pato chanco) en el río (Asociación de Desarrollo Económico Social, ADES; Universidad de El Salvador e Iglesia Unida de Canadá 2015).

Durante el recorrido realizado, se observó la presencia del ave conocida a nivel local como pato chanco o cormorán (*Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin)), el cual según diferentes autores se considera portador del parásito *Contracaecum* (Railliet & Henry) (Nematoda) (Iraheta-Hernández 2019). Se pudo evidenciar abundancia del pato chanco y las rocas que se encontraron en los alrededores y dentro del cauce del río Titihuapa, presentaron altas cantidades de heces de dichas aves.

Se tomaron muestras de los peces y se procedió a

realizar la búsqueda de dichos parásitos (Figura 11, a, b, c y d). Con la ayuda de lupa con aumento 20X, se realizó la disección de los peces con un bisturí, para determinar la existencia de los mismos en la cavidad visceral (Mc Clelland *et al.* 1990; Smith 1984, citado por Verbel & Ávila 2008; Pardo *et al.* 2009). Los nematodos encontrados en el mesenterio de los peces, fueron trasferidos a caja Petri y luego a micro-Siracusa para observarlos al microscopio estereoscópico y tomar las microfotografías para su posterior identificación taxonómica. Se identificó la presencia del parásito del género *Contracaecum* (Railliet & Henry) (Figura 11 e, f) el cual es relacionado con la presencia del pato chanco. Finalmente, se pudo detectar la presencia de parásitos en las especies de peces: *Ariopsis guatemalensis* (Figura 11 a, b) y *Heterandria anzuetoi* (Figura 11 c, d).

El nematodo del género *Contracaecum* (Railliet & Henry), según estudios realizados por investigaciones nacionales (Hernández *et al.* 2015) e internacionales (Amato *et al.* 2006; Olsen, 1974), se trata del mismo encontrado en aves acuáticas como el pato chanco o cormorán de la especie *Phalacrocorax brasilianus* y otras especies de aves (Pelecaniformes: Phalacrocoracidae).

P. brasilianus fue observada frecuentemente en todos los kilómetros recorridos en el río Titihuapa; ésta ave deposita las heces sobre las rocas que están dentro del río Titihuapa (Figura 12A), las larvas en segundo estadio del parásito son ingeridos por pequeños crustáceos que son los hospederos alternos donde pasa el nematodo (Figura 12B), luego los peces consumen el pequeño crustáceo y adquieren las larvas del parásito que se desarrollan en el pez hasta completar el tercer estadio larval del nematodo (Figura 12C) que es la forma infectante para el ave acuática (pato chanco o cormorán), cuando esta consume los peces y el nematodo pasa a cuarto estadio (Figura 12D), para que el parásito *Contracaecum* (Railliet & Henry) complete el ciclo biológico. Por lo anterior, es posible inferir la relación existente entre la presencia del pato chanco o cormorán *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin) y el parásito en los peces. El ave se encarga de diseminar

los parásitos de los peces, cuando vuela de un lugar a otro en busca de alimento, convirtiéndose en un ave acuática invasora (Herrera *et al.* 2008), debido a la degradación de su hábitat costero original, lo que permitió su anidación y sobrecrecimiento cerca de cuerpos de agua dulce donde encontró condiciones ambientales y suministro de alimento adecuado, como por ejemplo los peces del río Titihuapa y posiblemente otros cuerpos de agua. Lo anterior, evidencia que los cormoranes siguen siendo un riesgo biológico para otros peces de interés comercial o al ser consumidos directamente por el humano

(Iraheta-Hernández 2019).

Cuando en los ríos existen las anguilas, estas consumen los peces parasitados y el nematodo pasa al cuarto estadio dentro del cuerpo de la anguila (Figura 12E), la cual a través de las heces dispersa los huevos del parásito.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que muchas de estas especies de peces que han sido reportadas en el río Titihuapa forman parte de la dieta alimenticia de muchos pobladores locales.



Figura 11. Peces con parásitos en la Sub-cuenca del río Titihuapa, Cabañas y San Vicente, El Salvador: a, b) *Ariopsis guatemalensis*; c, d) *Heterandria anzuetoi*; e, f) Microfotografía del parásito *Contraecaecum* sp. (Railliet & Henry). Fotografías de Sermeño-Chicas, J.M.

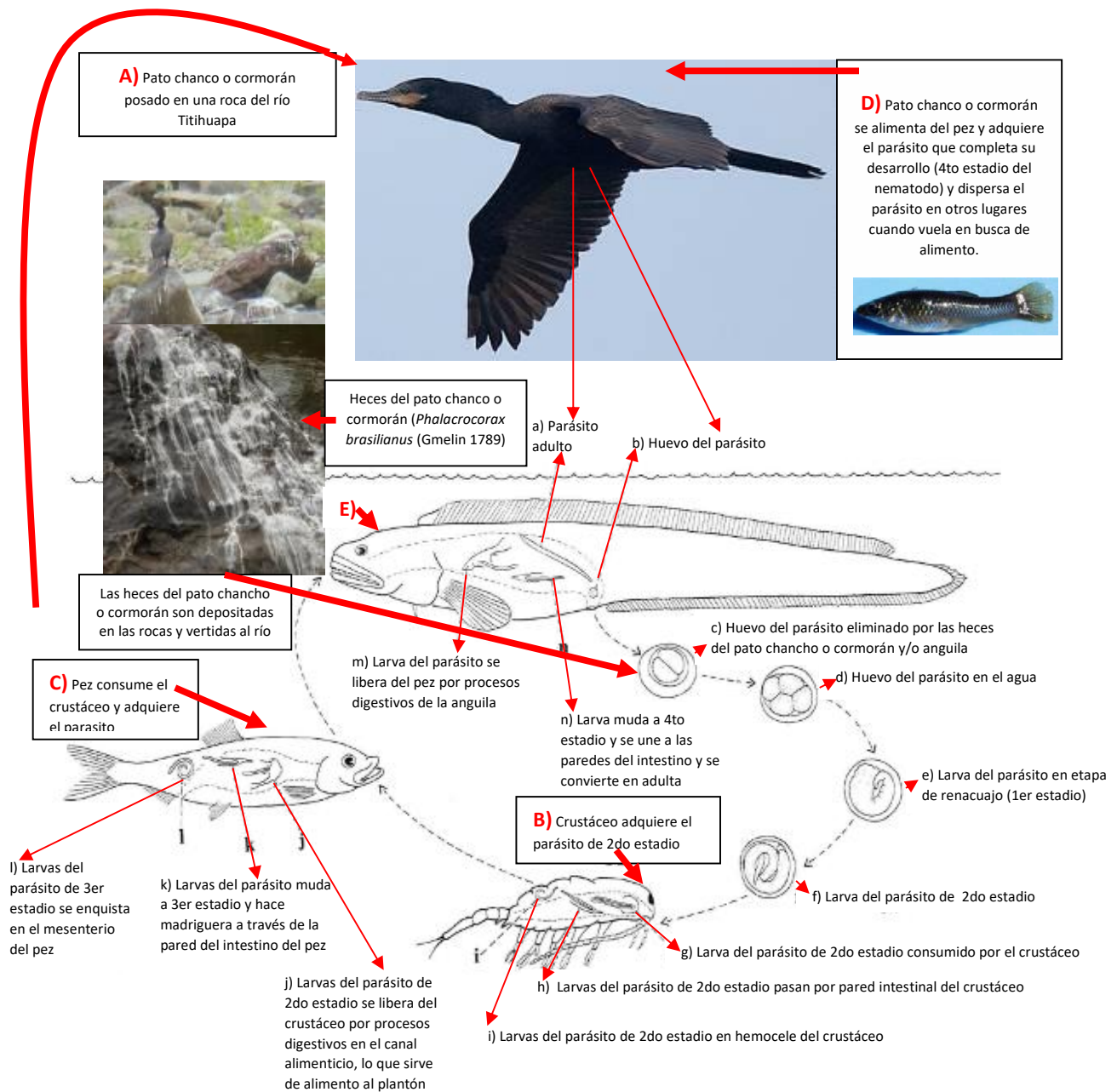


Figura 12. Ciclo de desarrollo y transmisión del parásito de peces *Contracaecum* sp. (Railliet & Henry). Tomado y modificado de Olsen 1974.

CONCLUSIONES

En los 4 sitios de muestreo en un tramo del río Titihuapa se identificaron 9 géneros y 9 especies correspondientes a cuatro familias de peces.

Las especies de peces más abundantes fueron

Poeciliopsis pleurospilus (guatopote), *Amatitlania nigrofasciata* (burrita), *Heterandria anzuetoy* (chimbolo) y *Astyanax aeneus* (Plateada).

El Índice de Simpson reflejó que el sitio tres es el que presenta mayor diversidad de peces.

Se identificó la presencia de parásitos *Contracaecum* en las especies de peces *Ariopsis guatemalensis* y *Heterandria anzuetoi*.

Se observó en el río Titihuapa la presencia del pato chanco o cormorán de la especie *Phalacrocorax brasilianus*.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez López, H; Ríos Herrera, R. 1999. Guía de las Aves de la reserva natural Laguna de Sonso. 26 p. (en línea) Disponible en: https://issuu.com/natucreativa/docs/gu_a_de_las_aves_de_la_reserva_nat
- Amato JFR, Monteiro CM & Amato SB. 2006. *Contracaecum rudolphii* Hartwich (Nematoda, Anisakidae) from the Neotropical Cormorant, *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin) (Aves, Phalacrocoracidae) in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (4): 1284-1289.
- Arce, O.; Herbas-Antezana, R. C.; Ostoic-Ariel, F. R. y Gonzales-Ramos, A. 2006. Indicadores biológicos de calidad del agua. (En línea) consultado el 22 de febrero de 2016. Disponible en [http://www.pnuma.org/agua-miaac/Curso%20Regional%20MIAAC/Conferencias/Dia%205%20\(14-agosto-2010\)/MIAAC%20PNUMA%20PAN%20AGO%2010%20MAX/BIBLIOGRAFIA/indicadoresBiologicosCalidadAgua.pdf](http://www.pnuma.org/agua-miaac/Curso%20Regional%20MIAAC/Conferencias/Dia%205%20(14-agosto-2010)/MIAAC%20PNUMA%20PAN%20AGO%2010%20MAX/BIBLIOGRAFIA/indicadoresBiologicosCalidadAgua.pdf)
- Asociación de Desarrollo Económico Social, ADES; Universidad de El Salvador e Iglesia Unida de Canadá. 2015. Ictiofauna y Parasitismo en la Sub cuenca del río Titihuapa, departamento de Cabañas y San Vicente, El Salvador. Imprenta Universitaria, 26 p.
- Barros, L. A.; Filho, M. y Oliveira, R. L. 2007. Larvas de nematoides de importância zoonótica encontradas em traíras (*Hoplias malabaricus* bloch, 1794) no município de Santo Antonio do Leverger, MT. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 59(2): 533-535.
- Cifuentes Sarmiento, F; Ruiz Guerra, C. 2009. Planes de acción para nueve especies de aves acuáticas (Marinas y Playeras) de las costas colombianas. Asociación Calidris. Cali, Colombia.
- Hernandez NA, Rivera Moreno, MA, Orellana Varela, JE, Càceres Cruz ID, Rodriguez Varela M, Minero Lacayo MA, Angel Belloso RO & Vianney de Abrego. 2015. Ictiofauna y parasitismo en la subcuenca del río Titihuapa, departamento de Cabañas y San Vicente, El Salvador. *Asociacion de Desarrollo Economico Social Santa Clara (ADES), Universidad de El Salvador (UES), Iglesia Unida de Canadá.* Imprenta universitária, Universidad de El Salvador. 26p.
- Herrera N, Ibarra R & Salinas M. 2008. Distribución, abundancia y anidación del cormorán neotropical *Phalacrocorax brasilianus* en El Salvador. *Mesoamericana* 12(1): 24-31.
- <http://ri.ues.edu.sv/9075/1/A%20METODOLOGIA%20DETERMINAR%20CALIDAD%20AGUA%20CON%20INSECTOS%20ACUATICOS.pdf>
- Iraheta Hernández, P.I. 2019. Prevalencia de *Contracaecum* sp en tilapia (*Oreochromis* sp) y Cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*) en el embalse Cerrón Grande, Distrito de Riego Atiocoyo y Lago de Ilopango. Tesis Lic. En Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de El Salvador. 46p.
- Mancini, M. A.; Biolé, F. G.; Salinas, V. H.; Guagliardo, S. E.; Tanzola, R. D. & Morra, G. 2014. PREVALENCE, INTENSITY AND ECOLOGICAL ASPECTS OF CONTRACAECUM SP. (NEMATODE: ANISAKIDAE) IN FRESHWATER FISH OF ARGENTINA. *Neotropical Helminthology.* 8(1): 111 - 122.
- Monteriro, C. M.; Amato, J. F. R. y Amato, S. B. 2011. Helminth parasitism in the Neotropical cormorant, *Phalacrocorax brasilianus*, in Southern Brazil: effect of host size, weight, sex, and maturity state. *Rev. Parasitol Res.* 109: 849-955.
- Muniz P; Lana, P; Venturini, N.; Elias, R.; Vellarino, E.; Bremec, C.; Martins, C. y Sandrini-Neto, L. s.f. Un manual de protocolos para evaluar la contaminación marina por efluentes domésticos. (en línea). Consultado el 21 de febrero de 2016,

disponible en <http://www.cem.ufpr.br/wp-content/uploads/2013/03/MANUAL-PROSUL-WEB.pdf>.

- Olsen, OW. 1974. Animal parasites. Their life cycles and ecology. 3rd ed. Baltimore, University Park Press. Colorado State University, USA. 459-462p.
- Pardo, C. S.; Zumaque, M. A.; Noble, C. H. y Suárez, M. H. 2008. *Contracaecum* sp (Anisakidae) en el pez *Hoplias malabaricus*, capturado en la Ciénaga Grande de Lórica, Córdoba. Rev. MVZ Córdoba. 13(2). 1304-13014.
- Pardo, S.; Núñez, M.; Barrios R., Prieto, M. y Atencio, V. 2009. ÍNDICES PARASITARIOS Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *Contracaecum* sp. (NEMATODA: ANISAKIDAE) EN BLANQUILLO *Sorubim cuspicaudus* (PIMELODIDAE) DEL RÍO SINÚ. Revista MVZ Córdoba. 14(2): 1712-1722.
- Vázquez-Silva, G; Castro Mejía, G.; González-Mora, I; Pérez- Rodríguez R. y Castro-Barrera, T. y 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. México. (En línea) Consultado el 21 de febrero de 2016. Disponible en <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf>
- Verbel, JO & Avila, RB. 2008. Parásitos en peces colombianos: Están enfermando nuestros ecosistemas? Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Grupo de química ambiental y computacional, Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE). Editorial Universidad de Cartagena. Impresión ALPHA Impresores Ltda. 122p.



<https://revistaagrociencia.wordpress.com/>

Revisión Bibliográfica

Reseña del Origen y Desaparición de los Bovinos Criollos en El Salvador, el Primer Paso para una Posible Reintroducción

Review of the Origin and Disappearance of Creole Bovines in El Salvador, the First Step for a Possible Reintroduction

Martínez-Aguilar, EA¹

RESUMEN

El bovino criollo americano es aquel animal descendiente de las estirpes originales traídas a América por los conquistadores españoles en el tiempo del descubrimiento, conquista y colonización de América. Estos animales se enfrentaron a condiciones totalmente diferentes a las de sus regiones de origen en la península ibérica, algunos se adaptaron y otros murieron. Las grandes extensiones de América, el aislamiento y la endogamia promovieron el apareamiento de razas criollas como tales, las cuales se desprendían de sus orígenes ibéricos, pero se diferenciaban de entre otras razas con origen común. Un caso envidiable de la conservación de estas razas podría ser el de Colombia que conserva 7 de estas razas criollas, promueve su utilización y sus bondades zootécnicas en un mundo globalizado donde se puede conseguir prácticamente material genético de cualquier raza y latitud del mundo. El Salvador no fue la excepción y también existieron bovinos criollos, según información recopilada en este documento hasta 1970 existían aun hatos con animales criollos puros y bien tipificados, que no distaban mucho de los demás criollos existentes en América. Por la modernización y políticas de estado erradas, la raza fue totalmente absorbida principalmente por el ganado Brahman, aunque también por el Pardo Suizo y el Holstein. En el país persiste una costumbre errada de llamar "criollo" a aquel bovino del que se desconoce su composición racial o al bovino cebucano, que es un cebuino, pero que su mezcla racial no le permite ser llamado Brahman, pero el bovino criollo en El Salvador y en toda América fue y será aquel bovino descendiente de los bovinos ibéricos traídos por los españoles. El bovino criollo es el todoterreno de los bovinos, es resistente a condiciones climáticas extremas, resistente a parásitos, producen aceptablemente en condiciones desfavorables y responden al buen manejo, son altamente prolíficos, por esto el Dr. de Alba los define como "una verdadera maravilla biológica".

Palabras claves: Bovino criollo, raza.

ABSTRACT

The American Creole bovine is that animal descended from the original lineages brought to America by the Spanish conquerors at the time of the discovery, conquest and colonization of America. These animals faced totally different conditions to those of their regions of origin in the Iberian Peninsula, some adapted and others died. The great expanses of America, isolation and inbreeding promoted the appearance of creole races, which detached themselves from their Iberian origins; but they differed

1 Docente Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. ever.martinez@ues.edu.sv

from other races with common origin. An outstanding case of the conservation of these breeds occurs in Colombia where they conserve 7 of these creole breeds, promoting their use and their zootechnical benefits in a globalized world where practically genetic material of any race and latitude in the world can be obtained. El Salvador was not the exception and there were also creole cattle. According to information gathered in this research, until 1970 there were still herds with pure and well-typified creole animals, which were not very far from the other existing creoles in America. Due to modernization and wrong state policies, the breed was totally absorbed mainly by Brahman cattle, but also by the Swiss Brown and Holstein. In the country the erroneous custom persists of calling "bovine" that bovine whose racial composition is unknown. Also, to the Cebucano bovine, which is a Cebuino. However, his racial mix is not allowed to be called Brahman; but the creole bovine in El Salvador and in all America was and will be that bovine descendant of the Iberian cattle brought by Spanish. The Creole bovine is the all-rounder of bovines, it is resistant to extreme climatic conditions, resistant to parasites, they produce acceptably in unfavorable conditions and respond to good management, they are highly prolific, which is why Dr. de Alba defines them as "a true biological wonder".

Keywords: Creole bovine, race.

INTRODUCCIÓN

Los primeros bovinos fueron llevados a América por Cristóbal Colón a las Antillas en el momento del descubrimiento del nuevo mundo, luego los conquistadores españoles introdujeron bovinos de tipo ibérico diseminados por toda España a América (Inchausti y Tagle, 1967). Según Carrazzoni (1998), los animales fundadores de la ganadería latinoamericana provienen principalmente del centro de España. Ya en 1523, el ganado existía en lugares relativamente distantes de La Nueva España como Oaxaca. Hernán Cortés, ayudado por sus recursos, representó al exitoso criador. Como sus intereses estaban marcadamente orientados a la organización de nuevas expediciones y a la forma de resolver sus necesidades, estableció criaderos de ovejas y vacas sobre las rutas de expansión que él percibió como adecuadas, en regiones no muy pobladas y separadas de los asentamientos españoles más importantes, especialmente sobre la vertiente del pacífico (García, 1994). En los restos arqueológicos del asentamiento de Ciudad Vieja (antigua aldea de San Salvador) ocupado entre el período de 1528-1545, los arqueólogos encontraron en la basura de una antigua casa, restos de animales que habían sido consumidos por los habitantes del asentamiento. Resulta muy interesante que los restos sean una combinación de animales salvajes, domésticos de los indígenas y domésticos de los españoles, estos últimos introducidos por ellos durante el mismo

período de la conquista-colonización temprana, cabe destacar la posible presencia de huesos de vaca (Scott, 2011). Estos animales al llegar al continente americano se encontraron con casi todos los climas que existen en el planeta tierra, desde las regiones a grandes alturas y con nieves perpetuas, hasta los climas tropicales extremos, unos ardientes y secos, y otros más húmedos o los que sufren inundaciones periódicas. Bajo estas condiciones el bovino criollo tuvo que adaptarse e incrementar la frecuencia de sus características ventajosas para cada población y su contexto particular. En este proceso, durante su periodo inicial intervino con poca intensidad el humano y con máxima intensidad la selección natural. En el periodo de la independencia aparecen prácticas productivas que modifican estos procesos evolutivos, como un ejemplo, el uso de cercos alambrados para el aislamiento de las poblaciones y la imposición de características deseadas por el humano, que generalmente son ajenas a la selección natural (De Alba, 2011).

El bovino criollo es una base importante, tal vez insustituible en ciertas condiciones latinoamericanas, para la consideración del componente genético, afirmar lo contrario sería pensar que pasaron en vano casi 500 años de selección natural por adaptación al medio latinoamericano (Salazar y Cardozo *In*: FAO, 1981). Calles (1971), realizó el único estudio de bovinos criollos en El Salvador, y en su tiempo advirtió acerca de la importancia de la conservación de la raza y la inminente extinción debido a cruces

indiscriminados con el cebú y la falta de conciencia para su preservación, esto fue confirmado por Pleitez *et al.* (2003), quienes dicen que la introducción de los toros de raza Brahman fue la causa de la absorción de la raza criolla por el cebú. De Alba (1985) afirma que cuando él y sus colegas llevaron bovinos Criollos al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agrícola (IICA) en Turrialba, Costa Rica en 1954, con el objetivo de purificar y seleccionar una raza criolla tropical lechera, encontraron animales con fenotipos apropiados en Rivas, Nicaragua, también tomaron animales de Choluteca, Honduras y Jocoro en El Salvador. Esta genética fue suprimida del actual Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en 1995, pero aún permanece en los animales modernos de la raza “Criollo Lechero Tropical” (CLT), preservada en México por los miembros de Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical (AMCROLET).

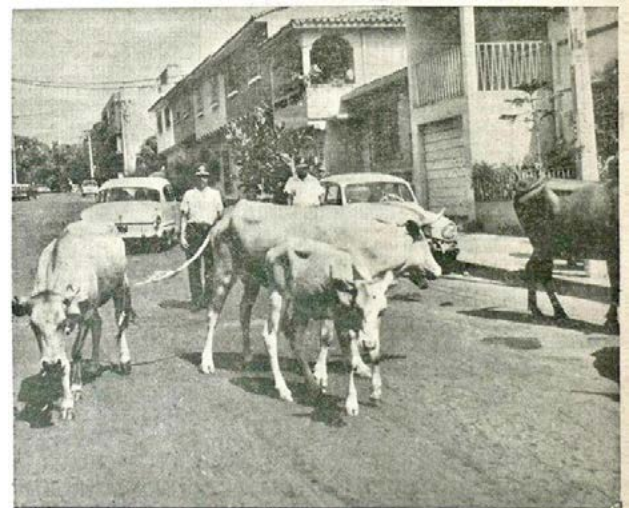
Origen y desaparición de los bovinos criollos en El Salvador

Los bovinos criollos americanos descienden de los bovinos ibéricos traídos por los españoles, por lo tanto, fueron sus estirpes durante siglos las únicas existentes en territorio de El Salvador, conocido coloquialmente por los habitantes como “ganado indio”, toda importación posterior de ganado se cruzó con esta base genética. Según Pleitez *et al.* (2003), en 1890 en la administración del presidente Carlos Ezeta, se importaron toros y vacas de razas mejoradas entre ellas Durham o Shorthorn, Holstein y Normanda con la finalidad de mejorar el ganado criollo. En 1923 otros ganaderos introdujeron ganado puro de las razas Holstein, Ayrshire, Jersey, Guernsey, Shorthorn, sin ninguna planificación, porque son razas mejoradas de otras latitudes que no se adaptaron a las condiciones adversas del trópico. Alrededor del año 1950 los ganaderos salvadoreños introdujeron ganado tipo cebú de Guatemala, toros Guzarat y Santa Gertrudis, del estado de Texas. Luego se introdujeron toros raza Brahman americano que prácticamente absorbió al ganado criollo. En

bovinos se da la mayor tasa de absorción y muy acentuada a partir de la segunda mitad del siglo XX, con la introducción del Brahman y posteriormente por las razas lecheras especializadas. Calles (1971), logra identificar en 1970 tres núcleos criollos en El Salvador, ubicados en los departamentos de Santa Ana, San Miguel y La Paz, logrando llevar a cabo una caracterización principalmente morfométrica del ganado criollo salvadoreño, único estudio realizado en esta raza en el país, describiendo además otros detalles sumamente importantes, como el hecho de haber notado que solo una de estas haciendas (la de Santa Ana), utilizaba toro criollo, considerada la que mejor conservaba la raza aunque con poco número de animales, esto debido a una selección minuciosa de su propietario Don Manuel Lara desde aproximadamente la década de 1950, además Calles, observo vacas con producción láctea que rondaba las 10 botellas, alimentadas a pastoreo y suplementadas con una mezcla de harina de algodón, harinilla de trigo y cascarilla de algodón. En esta propiedad Calles es informado por Don Manuel Lara que él no es el único en haber tomado ese esfuerzo, y le comunica que el Zootecnista Gavino Mata logro formar familias de ganado criollo, iniciando el trabajo en 1909, seleccionando toros y vacas con características de criollos en un hato en el que se introdujo sangre Durham y Holstein antes de 1896 y desde que inicio la selección y por un periodo de 39 años no introdujo ganado extranjero, y el hato lo incremento con la compra de ganado criollo que cumplía las características que él deseaba, el Sr. Mata, creía que la inseminación artificial a inicios de la década de 1950 se estaba realizando de forma indiscriminada y que iba a acabar con lo poco del buen ganado criollo que quedaba. A partir de su estudio Calles advierte ya en 1971 del grado avanzado de absorción de los bovinos criollos en favor de los cebuinos y las razas europeas, advierte del peligro que corre la raza de desaparecer y sugiere a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, la formación de un núcleo de preservación de la raza, incluso propone ubicarlos en los terrenos de la Universidad de El Salvador en San Miguel, actualmente Facultad Multidisciplinaria

Oriental, lo cual no se concreto y el ganado Criollo desapareció.

Según Pleitez *et al.* (2003), hay animales con vestigios que aún se pueden identificar y supone que la raza criolla fue influenciada fuertemente por el ganado Andaluz del sur de la península ibérica, por lo tanto, se puede indicar que estos grupos genotípicos estén en peligro de extinción. Pleitez *et al.* mencionan aun en el 2003 a la raza criolla dentro de las 13 razas bovinas existentes en El Salvador, y la clasifica como raza de doble propósito y de uso moderado por el ganadero salvadoreño, aunque también menciona que de la raza criolla solamente existen vestigios. Ortez *et al.* (2016), retoman lo dicho por Pleitez *et al.* (2003) y aun mencionan nuevamente a la raza criolla entre las existentes en El Salvador y la clasifica como de uso moderado. Hay que mencionar que entre ambos documentos oficiales emitidos por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG) entre 2003 y 2016, existen razas que se mantienen en ambos inventarios y otras cambian, pero en ambas se sigue mencionando la raza criolla, podemos suponer que más por tradición o por arrastrar datos desfasados que porque realmente los animales de dicha raza aun existan en El Salvador. Según Méndez y Pérez (2005), para en El Salvador el ganado criollo no presenta características definidas que permitan semejarlo a cualquiera de las razas importadas, su número exacto se desconoce, ya que debido a su heterogeneidad y a la falta de normas para clasificarlo ha sido imposible realizar un recuento. Según De Alba (1955), los criollos de El Salvador se asemejaban al criollo de Honduras, Nicaragua, Limonero de Venezuela y Costeño Con Cuernos de Colombia. Desde el año 2016 en un esfuerzo personal se ha indagado al respecto en diversos lugares de El Salvador, no logrando hasta la fecha (2020) encontrar un hato con vestigios de ganado criollo, que deberían ser como los animales que se muestran en la Figura 1 y 2, por lo tanto, lo más justo y técnicamente acertado sería declarar la raza como extinta, eliminando por completo la posibilidad de un núcleo de conservación como lo planteara Calles (1971), 50 años atrás.



RESES EN PLENA CIUDAD. — A cada momento, todos los días, paradas de ganado recorren las calles de San Salvador, con la consiguiente molestia para conductores de vehículos y viandantes. Ayer policías municipales capturaron en la Colonia Layco estos buyasas y terneros que vagaban por ese sector. (Foto de Alvarez).

Figura 1. Bovinos Criollos del tipo Ibérico en San Salvador. Fuente: El Diario de Hoy, 1966.



Figura 2. Carreta con bueyes criollos, Centro de San Salvador. Fuente: La Prensa Gráfica, 1954.

Razas de Bovinos Criollos Americanos

Además de las razas mencionadas en el Cuadro 1, correspondientes a las razas descendientes de bovinos ibéricos (razas españolas y portuguesas) originadas en los países de América, pueden mencionarse otros casos de razas criollas con origen distinto, tal como el caso del Criollo Lechero Tropical (CLT) y el Doran. El Criollo Lechero Tropical (CLT) de México, se formó en 1965 a partir de 17 vacas provenientes de la ganadería “La Flor” de Rivas, Nicaragua, y dos toros provenientes del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Al grupo inicial se anexaron vacas provenientes de Oaxaca y Colima de la vertiente del Océano Pacífico (De Alba 2011). El Doran de Costa Rica tiene su origen en la raza Durham introducida a finales del siglo XIX, con más de un siglo de adaptación a las condiciones de Costa Rica y un poco de selección empírica en cuanto a bueyes de trabajo y a producción lechera satisfactoria en el trópico, aunque es un criollo, tiene un origen más reciente y diferente al común de criollos del continente americano, pues proviene de una raza inglesa (CATIE, 1975). Existen otros dos casos destacables en Colombia las cuales son dos razas clasificadas como criollas sintéticas, lo que nos indica la clara intervención e intención del humano para formarlas a partir de genética criolla, tales casos son las razas Lucerna y Velásquez. En el Valle del Cauca, en la hacienda Lucerna, se formó la raza Lucerna, adaptada a condiciones tropicales de la región y con una conformación genética de Criolla Hartón del Valle (30%) y de las razas europeas Holstein (40%)

y Shorthorn lechero (30%) (Duran, 1970). En cuanto la raza Velásquez, se formó en el Magdalena Medio, por el Doctor José Velásquez, resultado del cruce de las razas Romosinuano (25%), Brahman Rojo (25%), Red Poll (50%) (Velásquez, 1999). Otro caso de raza formada por el ser humano pero con genética criolla es la Carora de Venezuela, la cual se originó en dicho país a partir de la década de 1930, llevando a cabo cruzamientos entre toros de la raza Pardo Suizo con vacas de la raza Criollo Amarillo de Quebrada Arriba, sin embargo los cruzamientos absorbentes llevaron a la extinción a esta raza criolla, pero los animales obtenidos de estos cruces fueron cruzados entre ellos para lograr fijar la raza en lo que hoy es el Carora, fijada en $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo y $\frac{1}{4}$ Criollo, con las características productivas satisfactorias; además de su adaptación al trópico, siendo reconocida como raza en 1989 y patrimonio de Venezuela en 1992 (Rizzi *et al*, 2007; Ramírez-Iglesia *et al*, 2016; Florio-Luis y Pineda-Graterol, 2017).

Cuadro 1. Razas Criollas Según su País de Origen.

País	Raza	País	Raza
Brasil	Caracú	Nicaragua	Criollo Lechero (Reyna)
	Mocho Nacional	Guatemala	Criollo Barroso (Salmeco)
	Curraleiro pe duro	México	Criollo de Baja California (Chinampo)
	Pantaneiro		Criollo de Chihuahua
	Lageana		Criollo de Chiapas
Argentina	Criollo Argentino		Criollo de Nayarit (Coreño)
Uruguay	Criollo Uruguayo		Criollo Poblano (Mixteco)
Perú	Criollo Peruano	Estados Unidos	Texas Longhorn
Ecuador	Criollo Ecuatoriano		Florida Cracker
Colombia	Casanareño		Pineywoods
	Blanco Orejinegro	Paraguay	Criollo Paraguayo
	Chino Santandereano	Panamá	Guaymí
	Costeño con Cuernos		Guabalá
	Hartón del Valle	Chile	Criollo Patagónico
	Romosinuano	Bolivia	Criollo Boliviano
	San Martinero		Criollo Yacumeño
	Venezuela	Criollo Limonero	

Fuente: Primo (1992); Quiroz (2007); Villalobos (2010); Aracena (2010); De Alba (2011); Avilés (2012); Rey (2010); Sponenberg *et al*. (2005).

Características de los bovinos criollos

Las razas criollas son resistentes a diversas enfermedades, como la Blanco Orejinegro con resistencia a leucosis bovina, estomatitis vesicular, fiebre aftosa y brucelosis (Úsuga-Monroy *et al*, 2018); también la raza Hartón del Valle, resistente a leucosis bovina (Hernández *et al*, 2014). En cuanto a ectoparásitos Ulloa (1954), midió el grado de infestación de garrapatas y tórsalos en tres grupos criollos, una mezcla (Cebú x Pardo Suizo) y Jersey, obteniendo la infestación de tórsalo menor en los tres grupos criollos, en cuanto a las garrapatas uno de los grupos criollos mostro la menor infestación muy por debajo de los demás grupos, siendo en este estudio en ambos casos la raza Jersey la más infestada. Botero (1976), realizó una investigación donde comparo la resistencia al Tórsalo de la raza Blanco Orejinegro y la raza Costeño Con Cuernos, en la cual se observaron 10 animales de menos de un año a los 80 días de haber sido desparasitados, encontrando 4 Tórsalos por cada animal Blanco Orejinegro contra 284 por cada Costeño Con Cuernos, comprobando así la resistencia al Tórsalo del Blanco Orejinegro. Burgmaier *et al*. (1999), afirman que las vacas de raza Criolla Reyna responden a las mejoras en el manejo, esto

al comparar la misma raza en condiciones de doble propósito y condiciones especializadas, teniendo las vacas de la misma genética, pero en condiciones de mejor alimentación y manejo, una mayor producción láctea.

Características morfométricas de los extintos bovinos criollos de El Salvador

En el Cuadro 2, se presentan las características morfométricas más representativas que fueron medidas por Calles (1971) en vacas de los tres hatos que registró (11 vacas por hato), aunque midió muchas más características, se seleccionaron para este Cuadro 2, las más representativas. El Cuadro 3 muestra las características morfométricas más representativas del único toro criollo encontrado por Calles (1971) en su estudio. En cuanto al color el más representativo fue el Bermejo, incluyendo variantes (39.39%), seguido del Prieto, con variantes (24.24%), luego hay otros colores minoritarios indicando que, en cuanto al color, la raza no estaba definida.

En cuanto al único toro encontrado, sus datos se mencionan en el Cuadro 3 y correspondía al color Osco Encerado.

Cuadro 2. Características morfométricas de vacas de los núcleos registrados en El Salvador

Hatos	Largo de Cuerpo (cm)	Alzada a la Cruz (cm)	Alzada a la Grupa (cm)	Perímetro Torácico (cm)	Largo de Cabeza (cm)	Largo de Grupa (cm)	Ancho de Grupa (cm)
Santa Ana n=11	150.82	125.09	115.64	175	48.36	47.91	49.18
La Paz n=11	144	121.09	115.91	164.55	46.73	46.45	43.55
San Miguel n=11	143.64	120.55	115.09	166.09	46.45	44.64	42.09
Promedio Nacional	146.15	122.24	115.55	168.55	47.18	46.33	44.94
D.E	4.05	2.48	0.42	5.64	1.03	1.64	3.75

Fuente: Calles, 1971

Cuadro 3. Características morfométricas del único toro criollo encontrado de los núcleos registrados en El Salvador.

Hatos	Largo de Cuerpo (cm)	Alzada a la Cruz (cm)	Alzada a la Grupa (cm)	Perímetro Torácico (cm)	Largo de Cabeza (cm)	Largo de Grupa (cm)	Ancho de Grupa (cm)
Santa Ana n=1	165	126	117	181	47	51	48

Fuente: Calles, 1971

Comparación de razas criollas cercanas con el extinto bovino criollo de El Salvador

Calles (1971) en su estudio comparo los promedios obtenidos en el hato del departamento de Santa Ana, El Salvador, con los del hato del Proyecto de Criollo Lechero del CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas) en Maracay, Venezuela, concluyendo que los datos serían similares. En el Cuadro 4, los registros de Calles (1971) promediados en un registro nacional

(n=33), se comparan con los datos (n=49) del Barroso guatemalteco (Jauregui, 2017) y los datos (n=45) del Criollo Lechero Tropical de México (Canales, 2014). Al observar la información, se puede concluir que los 3 hatos de criollo salvadoreño que Calles (1971) midió tenían una morfometría más homogénea entre ellas, que las otras dos razas con las que se compararon en el Cuadro 4, observándose que las medidas del Criollo Barroso son mayores a las otras dos razas, aunque sus datos sean más heterogéneos.

Cuadro 4. Comparación de vacas de razas criollas de Cercanas y el extinto criollo de El Salvador.

Hatos	Largo de Cuerpo (cm)	Alzada a la Cruz (cm)	Alzada a la Grupa (cm)	Perímetro Torácico (cm)	Largo de Cabeza (cm)	Largo de Grupa (cm)	Ancho de Grupa (cm)
Promedio Criollo Salvadoreño n=33	146.15±4.05	122.24±2.48	115.55±0.42	168.55±5.64	47.18±1.03	46.33±1.64	44.94±3.75
Barroso (Guatemala) n=49	159.89±22.23	131.76±8.93	133.56±5.93	191.36±20.61	59.83±7.11	48.31±6.4	43.37±6.35
Criollo Lechero Tropical (México) n=45	146.32±7.95	124.95±5.43	126.94±5.79	171.75±8.54	46.44±3.28	31.94±2.28	49.22±2.79
D.E	7.88	4.90	9.11	12.35	7.53	8.93	3.03

Fuente: Calles (1971), Jauregui (2017), Canales (2014).

En el Cuadro 5, se comparan las características morfológicas del toro típico criollo encontrado por Calles (1971), en el hato de Don Manuel Lara en el departamento de Santa Ana y los datos (n=5) que

Jauregui (2017), reporta para toros Criollos Barrosos (Figura 3) como buenos exponentes de su raza. Se aprecia alguna diferencia que indica que el toro criollo Barroso es de mayor tamaño.

Cuadro 5. Comparación de toros de Criollo Barroso y el extinto Criollo de El Salvador.

Hatos	Largo de Cuerpo (cm)	Alzada a la Cruz (cm)	Alzada a la Grupa (cm)	Perímetro Torácico (cm)	Largo de Cabeza (cm)	Largo de Grupa (cm)	Ancho de Grupa (cm)
Santa Ana (El Salvador) n=1	165	126	117	181	47	51	48
Barroso (Guatemala) n=5	177.2±22.42	141.5±7.1	145.8±6.49	202.2±18.86	69.4±5.85	47.6±11.52	40.36±5.73
D.E	8.63	10.96	20.36	14.99	15.84	2.40	5.40

Fuente: Calles (1971), Jauregui (2017)



Figura 3. Toro Criollo Barroso, ejemplar típico. Fuente: Alba Concepción Melgar, 2020

Producción láctea

Calles (1971), observó en el hato criollo del departamento de Santa Ana, El Salvador, una producción láctea promedio de 10 botellas con alimentación en pastoreo y suplementación de harina de algodón, harinilla de trigo y cascarilla de algodón, este era un hato completamente criollo donde incluso usaban toro criollo. Alba Concepción Melgar¹ (2020), afirma que la producción láctea promedio de las vacas criollas barrosas, alimentadas en pastoreo y solamente suplementadas con concentrado en la sala de ordeño, explotadas a dos ordeños promedian 13 botellas, aunque menciona que han existido en la propiedad, vacas excepcionales que alcanzan 36

1 Alba Concepción Melgar. Criadora de Ganado Barroso. Guatemala. Comunicación Personal

botellas. Francisco Gallegos² (2018), afirma que la producción láctea del ganado Criollo Reyna en su finca en invierno es de 17 botellas, alimentando solo en pastoreo, y suplementando ocasionalmente con pollinaza, a un ordeño.

En El Salvador actual, en un hato completamente cebú explotado como doble propósito en el departamento de San Miguel, Mariana Guzmán³ (2020), afirma que las vacas producen 6 botellas a un ordeño, solamente en pastoreo sin suplementación. Manuel V. Mendoza⁴ (2020), afirma que en la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, durante el mes de abril 2020, las vacas producían en promedio 9 botellas, en pastoreo, con suplementación de silo, heno y concentrado, a un ordeño, en un hato tipificado como doble propósito con genética de encastes entre razas Brahmán, Pardo Suizo y Holstein, en condiciones de costa de El Salvador, departamento de La Paz.

Ante estos escenarios de la ganadería salvadoreña, resultan interesantes opciones como la que ofrece Carlos Humberto Flores⁵ (2020), quien comercializa

2 Francisco Gallegos. Criador de Ganado Reyna. Nicaragua. Comunicación Personal.

3 Mariana Guzmán. Ganadera de San Miguel. El Salvador. Comunicación Personal.

4 Manuel V. Mendoza. Docente Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, UES. Comunicación Personal.

5 Carlos Humberto Flores. Médico Veterinario. Guatemala. Comunicación Personal.

semen de un toro Barroso llamado Titán, que fuera propiedad de Mario Díaz, en la Finca las Carretas de Chiquimula, Guatemala. Las hermanas de Titán produjeron 20 botellas y las hijas de Titán producen 13 botellas de leche, aunque Titán ya no existe, se conserva su material genético en la forma de pajillas de semen que aún pueden ser adquiridas como un animal sobresaliente de su raza.

Al corto plazo se espera poder introducir esta genética de Titán en un hato cebuino en el municipio de San Luis de la Reina, departamento de San Miguel, El Salvador, teniendo como propósito que la genética cebú (*Bos indicus*) sea cruzada en su totalidad con la Criolla (*Bos Taurus*), y así obtener vacas F1 con mayor capacidad lechera sin ningún detrimento en su adaptación, debido a las condiciones rústicas de la explotación. También en una menor proporción en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, como proyecto piloto a fin de observar el comportamiento de las crías resultantes en condiciones de la costa de El Salvador.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado por Calles en 1971 supone un elemento valioso para rastrear los esfuerzos por conservar la raza criolla de bovino en El Salvador y el declive que esta venía teniendo desde esos años por la introducción de la genética Brahman.

Por la observación de Calles y los testimonios recabados de criadores de las razas criollas en Guatemala y Nicaragua, queda evidenciado que la producción láctea de las vacas criollas no es nada despreciable e incluso supera hatos actuales en El Salvador conformados por animales totalmente cebuinos y cebuinos con encastes europeos.

Las cualidades notorias del ganado criollo en general como la adaptación, rusticidad, capacidad de producir aceptablemente sin suplementación, resistencia a parásitos y prolificidad, las convierten en una opción vigente para los pequeños y medianos ganaderos de condiciones extensivas.

Al comparar los datos del bovino criollo salvadoreño con el criollo Barroso y el Criollo Lechero Tropical (CLT), se aprecia que al menos morfométricamente, no existía una marcada diferencia entre las tres razas, y podría asumirse que el criollo salvadoreño era morfológicamente similar a estas dos razas, sin embargo, no puede asegurarse un parentesco genético solamente con morfometría, debido a que el criollo salvadoreño desapareció, siendo imposible hacer estudios al respecto.

Conforme a lo observado y reportado por Calles en su estudio, podemos concluir que la desaparición del ganado criollo en El Salvador fue originada en gran medida por las políticas que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) implementadas en la década de 1960 con la introducción del ganado Brahman en un plan de absorción del ganado criollo. En 1970 Calles al realizar su estudio, encuentra animales cruzados con Brahman en los hatos, y empiezan a notarse animales cruzados con Pardos Suizos y Holstein, por esta razón advierte de la inminente desaparición del criollo y propone medidas para evitarla. Lastimosamente tuvo razón y la raza desapareció, 50 años después la ganadería salvadoreña continúa sin encontrar la fórmula correcta para su desarrollo, únicamente queda concluir que esa política errada de exterminar el ganado criollo fue una de tantas que ha contribuido a ello.

Actualmente lo más acertado sería declarar la raza criolla como oficialmente extinta, en contraposición a los informes del MAG del 2003 y 2016, donde aún se menciona la raza criolla como moderadamente utilizada. Cabe mencionar en esta investigación que por medio de indagaciones desde el 2016 a la fecha con numerosos ganaderos, técnicos y conocedores del tema en muchos lugares de El Salvador, no se ha encontrado indicio alguno de un hato con vestigios de animales criollos, por tanto, lo más responsable sería eliminar la raza de los inventarios nacionales de razas bovinas y hacer una profunda reflexión sobre las políticas erradas en cuanto a los materiales genéticos inadaptados que se introducen al país y a la

nula conservación de los recursos genéticos propios que han desaparecido y continúan desapareciendo.

RECOMENDACIÓN

Calles planteo hace 50 años la conformación de un núcleo de preservación de la raza de bovino criollo en El Salvador, al ser esto ya imposible, se recomienda a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, apoyada por sus docentes especialistas en Zootecnia, la conformación de un hato criollo experimental, importando genética Barrosa, Reyna y Criollo Lechero Tropical (CLT), mediante pajillas de semen o toros, para lograr conformar una raza criolla que responda a los requerimientos del medio y del pequeño productor salvadoreño, llegando a liberar algún día esta raza por medio de pie de cría a los ganaderos salvadoreños, principalmente a los de subsistencia y doble propósito. El lugar ideal para desarrollar este hato es la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas en San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador, ya que hay un hato bovino existente del cual se pueden tomar las hembras base para ser inseminadas o ser cruzadas con un toro criollo, y el proyecto encajaría perfectamente en los fines didácticos y experimentales que cumple la institución.

AGRADECIMIENTOS

Al gran maestro, Ing. Agr. Gino Orlando Castillo Benedetto, formador de muchas generaciones de profesionales, quien sembró en el autor la semilla del conocimiento de los bovinos criollos y colaboro con la revisión de este documento, emitiendo valiosas observaciones y recomendaciones.

A Alba Concepción Melgar, por responder a mis preguntas y facilitarme fotografías de los Criollos Barrosos. A Don Francisco Gallegos por recibirme en su finca en Rivas, Nicaragua y compartir conmigo sus experiencias como criador del Criollo Reyna. A la Inga. A. I. Mariana Guzmán por siempre compartir su experiencia, e información de su propiedad familiar. Al Ing. Agr. Manuel Vicente Mendoza por facilitar y compartir los datos productivos de la Estación

Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Al Dr. Carlos Humberto Flores por suministrar la información del toro Criollo Barroso Titán.

BIBLIOGRAFÍA

- Aracena, M. 2010. Caracterización fenotípica del bovino criollo patagónico. Un estudio de caso. Tesis. Lic. en Agronomía. Valdivia, CH. Universidad Austral de Chile. 63p.
- Avilés, D. 2012. Estudio de la influencia de los bovinos Andaluces en la formación de las razas bovinas criollas de Latinoamérica. Tesis. Msc. Córdoba, ES. Universidad de Córdoba. 31p.
- Botero, F. 1976. Ganado Blanco Orejinegro. In: Razas Criollas Colombianas. Instituto Colombiano Agropecuario (Ed.) Bogotá, Colombia. Manual de Asistencia Técnica 21:17-61.
- Burgmaier, K; Bullerdieck, P; Gall, C. 1999. Comportamiento productivo y reproductivo del ganado criollo Reyna en Fincas de doble propósito y en lecherías especializadas. Ceiba, 40(2): 279-282.
- Calles, E. 1971. Estudio del ganado criollo en El Salvador. Tesis. Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador, SV. UES. 63p.
- Canales, A. 2014. Caracterización genética y morfológica de vacas de la raza criollo lechero tropical. Tesis. Msc. Veracruz, MX. Universidad Veracruzana. 105 p.
- Carrazzoni, J. 1998. El bovino criollo argentino: Ayer y hoy. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Bs. As. (Buenos Aires), 52(16):1-52.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1975. Actividades en Turrialba. Boletín Técnico, 3(1):3.
- De Alba, J. 1955. Observaciones sobre las razas Criollas de Colombia. Agricultura Tropical 11(6):423-434; 11(8): 647-656.
- De Alba, J. 1985. El criollo lechero en Turrialba. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Boletín técnico N°15. 60p.
- De Alba, J. 2011. El libro de los bovinos criollos de

- América. Biblioteca básica de agricultura. Ed. Colegio de Postgraduados. México. 444p.
- Durán, C. 1970. Breve historia de la formación de la raza de ganado Lucerna. *Agricultura Tropical*, 26(6):303-306.
- Florio Luiz, J; Pineda Graterol, M. 2017. Programa de recuperación, conservación y mejoramiento genético de bovinos Carora en la República Bolivariana de Venezuela. *AICA* 10: 142-157.
- García, B. 1994. Los primeros pasos del ganado en México. *Relaciones: Estudios de historia y sociedad*, XV (59):11-14.
- Hernández, D; Álvarez, L; Muñoz, J. 2014. Evaluación de la resistencia genética del ganado criollo Hartón del Valle al Virus de la Leucosis bovina en infección natural. *AICA*, 4:3-4.
- Inchausti, D.; Tagle, E. 1967. *Bovinotecnia. Exterior y razas*. 5ª Ed. Buenos Aires. AR. El Ateneo. p.419.
- Jauregui, R. 2017. Caracterización morfológica y productiva de la raza bovina guatemalteca barrosa. Informe Proyecto Focdecyt. 74p.
- Méndez, G.; Pérez, M. 2005. Diseño de un modelo de registro y control contable de los archivos biológicos para lograr mayor razonabilidad en los estados financieros de las empresas legalmente inscritas del sector ganadero, ubicadas en la zona occidental de El Salvador. Tesis. Lic. C.P. San Salvador, SV. UFG. 282 p.
- Ortíz, O; Flores, H; Alemán, S; Osorio, M; Solórzano, S. 2016. El Salvador: Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV)-CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdoba", SV). 154p.
- Pleitez, J; Mejía, O.; Araujo, J. 2003. Diagnóstico de los recursos zoogenéticos en El Salvador (En Línea). Consultado el 11 de abril de 2020. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/.../annexes/CountryReports/ElSalvador.pdf>
- Primo, A. 1992. El ganado bovino Ibérico en las Américas: 500 años después. *Arch. Zootec.* 41 (extra):421-432
- Quiroz, J. 2007. Caracterización genética de los bovinos criollos mexicanos y su relación con otras poblaciones bovinas. Tesis. PhD. Córdoba, ES. Universidad de Córdoba. 155p.
- Ramírez Iglesia, L; Otero, L; Díaz de Ramírez, A. 2016. Conducta sexual diurna de la vaca lechera tropical Carora (*Bos taurus*). *Rev. Fac. Cs. Vets. UCV.* 57(1): 43-52.
- Rey, J. 2010. El Cracker de Florida. Departamento de Ciencias Animales, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IFAS). Publicación AN246.
- Rizzi, R; Pedron, O; Samoré, A; Hahn, M; Riera, M; Vila, V. 2007. Parámetros genéticos de las características morfológicas del ganado Carora. *Rev. Cient. FCV-LUZ* 16(1): 58-65.
- Salazar, J; Cardozo, A. 1981. Desarrollo del Ganado Criollo en América Latina: Resumen Histórico y Distribución Actual. In: Recursos Genéticos Animales en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Eds. Müller-Haye, B; Gelman, J. Roma, IT. 170 p.
- Scott, E. 2011. Observaciones Preliminares de los Restos Fúnicos de la Operación 99-2. In: Fowler, W. 2011. Ciudad Vieja: Excavaciones, Arquitectura y Paisaje Cultural de la Primera Villa de San Salvador. Ed. Universitaria (UES). San Salvador, 231 p.
- Sponenberg, D; Oxborrow, T; Gómez, M. 2005. La Raza Bovina Pineywoods. *Arch. Zootec.* 54 (206-207): 245-251.
- Ulloa, G. 1954. Ciclo estrual y longitud del estro. Resistencia a ectoparasitos en el ganado criollo. Tesis. IICA. 46 p.
- Úsuga-Monroy, C; Echeverri, J; Lopez-Herrera, A. 2018. El Componente racial influencia la resistencia a la infección con el virus de la Leucosis bovina. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 65(2):130-139.
- Velásquez, J. 1999. Potencial genético y productivo del ganado Velásquez. In: Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo y colombiano. Septiembre de 1999. p.139-149.

Villalobos, A. 2010. Caracterización genética de las poblaciones Guamí y Guabalá y su relación con otras poblaciones bovinas mediante microsatélites. Tesis. PhD. Córdoba, ES. Universidad de Córdoba. 155p.

Normas de publicación en Revista Agrociencia

Estructura del Artículo Científico

Para la publicación de los resultados de investigación en Revista Agrociencia, es óptimo contar una estructura eficaz y acorde con las necesidades concretas. Existen varios tipos, pero para esta publicación, se regirá con la estructura clásica del artículo científico.

Las normas de publicación incluyen tipo de letra, interlineado, idiomas del título y del resumen, situación de las palabras clave, formato de las citas bibliográficas. En este sentido, los apartados fundamentales que debe presentar un artículo científico son los siguientes:

Nombre de la Investigación

Este componente describe el contenido (naturaleza del estudio, sujeto u objeto experimental y enfoque técnico) en forma específica, clara, exacta, breve, honesta y concisa, de tal forma que el lector identifique el tema fácilmente.

Se recomienda un promedio de 14 palabras para el título (9 mínimo a 20 como máximo), no debe contener abreviaturas, fórmulas químicas o nombres comerciales. Usar letra mayúscula únicamente en la primera letra del título (a menos que se trate de nombres propios). Si se incluye un nombre científico, es imperativo que el lector sepa de qué tipo de organismo se trata.

Autores

Deberán colocarse los dos apellidos unidos por un guión. Cuando hay más de un autor estos deben estar separados por comas y los nombres de los autores colocando únicamente las iniciales. Los docentes directores de tesis deberán estar al final del total de

autores del artículo.

Después del nombre y apellido de cada autor hay que colocar un número arábigo como superíndice, para indicar la institución a la que pertenece o su afiliación.

Resumen y palabras claves

El resumen debe ser lo suficientemente sucinto e informativo para permitir al lector identificar el contenido e interés del trabajo y poder decidir sobre su lectura. Debe estar escrito en el pasado y hacer referencia al lugar y fecha de ejecución; además, debe contener el procedimiento metodológico del trabajo, sus principales resultados y conclusiones.

Debe dejarse bien claro el hallazgo principal del trabajo y se deben presentar datos numéricos de los resultados sin incluir subtítulos, cuadros, figuras, abreviaciones, referencias bibliográficas y no deben separarse los párrafos. Además, indicar la probabilidad de la prueba estadística entre paréntesis por ejemplo ($p \leq 0.01$) y cuando sea pertinente también el valor calculado ($r = 0.9$; $X^2 = 2$). Evitar expresiones: "En este artículo se presentan o discuten..."

No debe superar las 250 palabras y tampoco ser inferior a 150 e incluir una traducción al idioma inglés.

Al final del resumen deben incluirse una serie de términos denominados "Palabras clave" (Keywords) por las que el artículo será incluido en los Thesaurus y bases de datos. La búsqueda en los bancos de bibliografía suele realizarse precisamente por estas palabras clave, siendo importante elegir las adecuadamente. Habitualmente se incluyen los taxones estudiados (de mayor a menor rango), el campo de estudio y las regiones geográficas estudiadas (de menor a mayor rango). El número indicado es de 3 a 8 palabras clave o frases cortas (lexemas) y la primera letra de la primera palabra clave en mayúscula. Ordenarlas por orden de importancia.

1. Introducción

Describe el interés que tiene el tema en el contexto científico del momento, así como una breve reseña del estado actual de los conocimientos en este campo, incluyendo las referencias bibliográficas más importantes. Además, se refiere a los trabajos previos que se han hecho sobre el tema. No necesariamente debe ser muy extensa y debe responder a la pregunta de “porqué se ha hecho este trabajo”.

Tener presente que el último párrafo se resume el objetivo del estudio. La introducción hace las funciones de revisión de literatura, la cual debe incorporarse al texto según las normas técnicas vigentes del IICA.

2. Materiales y Métodos

En esta sección se responde a la pregunta de “cómo se ha hecho el estudio” y es la escritura del diseño de la investigación la cual debe incluir la ubicación de la investigación en espacio y tiempo, condiciones climáticas y de suelo, las unidades en estudio, la toma de datos, estudios económicos, el análisis estadístico (variables en estudio, modelos y pruebas estadísticas).

Los métodos establecidos y bien conocidos se indican mediante citas bibliográficas. Se detalla el uso de productos químicos (nombres genéricos) y datos de dosis. Para los equipos de presión, se debe señalar tipo, marca y modelo.

3. Resultados y Discusión

Es la presentación ordenada de los hallazgos. En esta sección, además de los textos, se pueden presentar cuadros, figuras o ilustraciones, para ello hay que utilizar el medio más claro, adecuado y económico, y deben citarse respectivamente.

La secuencia de redacción es la que permita una exposición más coherente y clara de los resultados obtenidos. Deben expresarse los resultados de los experimentos descritos en Materiales y Métodos sin repetir ambos elementos y ser vistos y entendidos de forma rápida y clara.

El primer párrafo debe ser utilizado para resumir en una frase concisa, clara y directa, el hallazgo principal del estudio. Esta sección debe ser escrita utilizando los verbos en pasado y se debe evitar el uso de voz pasiva. Las ideas deben ser concretas. Las unidades de medida deben estar claras según el Sistema Internacional de Unidades y las abreviaciones totalmente explicativas, según las normas vigentes del IICA.

La discusión de los resultados es el examen de los resultados, su significado y limitaciones, enfatiza los aspectos nuevos e importantes de la investigación. Determina la coherencia o contradicción de los datos encontrados.

Se sugiere comenzar la discusión con la respuesta a la pregunta de la Introducción, seguida inmediatamente con las pruebas expuestas en los resultados que la corroboran. Comentar claramente los resultados anómalos, dándoles una explicación lo más coherente posible. Se contrastarán con los resultados obtenidos en otras publicaciones sobre el tema.

4. Conclusiones

Las conclusiones deben recapitular en forma lógica los resultados obtenidos. Deben ser independientes, concretas y no redundantes. Deben estar basadas en los hallazgos del trabajo, no ser especulativas, ni provenir de la literatura. Deben de estar en concordancia con los objetivos que se plantearon en el proyecto de investigación. No deben mencionarse cuadros o figuras. No deben confundirse con recomendaciones. No usar números o viñetas.

5. Bibliografía

En Revista Agrociencia únicamente se admite relacionar bajo este epígrafe, aquellas referencias bibliográficas que han sido directamente citadas en el texto. Las fuentes citadas deben hacerse de acuerdo a las normas vigentes del IICA.

Si hay citas de internet, deberán ser de revistas o textos reconocidos por la comunidad científica internacional y escribirlas según normas técnicas

vigentes del IICA. No usar números o viñetas en las bibliografías.

6. Agradecimientos (opcional)

Es aplicable a instituciones que apoyaron la investigación.

7. Redacción de cuadros, figuras y texto

Cuadros:

Deben tener un título breve y claro de manera que indique sin dificultad qué es lo que se informa en él y deberá estar en la parte superior del cuadro. Para los cuadros que llevan notas al pie, se hacen con letras más pequeñas que las del texto.

Las siglas y abreviaturas deben escribirse según las normas técnicas vigentes del IICA, de lo contrario deberán ser acompañadas de una nota explicativa al pie del mismo. Los cuadros no deben tener un tamaño mayor de tres cuartos de la página y demasiada información estadística que se tornan incomprensibles y confusos. Se sugiere usar dos números decimales.

Figuras:

Se denominan figuras a los gráficos, diagramas, mapas, fotografías, dibujos manuales e impresiones fotográficas. Los títulos deben ser concisos y explicativos y se colocan debajo de la figura. Los mapas y dibujos deberán llevar una escala en el Sistema Internacional de Unidades. Las fotografías deben de ser de buena calidad, buena resolución y excelente contraste. La figura deberá ser de alta trascendencia para el artículo, y se identificará con números arábigos según el orden de aparición en el texto.

Texto:

El texto deberá escribirse en un documento de Microsoft Word a una columna, en fuentes Arial o Times New Roman, tamaño 11, a espacio sencillo. El margen izquierdo deberá ser de 3.0 cm. y el derecho, superior e inferior de 2.5 cm. Las páginas se

numeran en el lado inferior en el extremo derecho. Se recomienda no unir el número con la abreviación, excepto cuando se trate de porcentajes o grados centígrados. Los números del cero al nueve se escriben con letras, excepto en unidades de medida.

Los textos académicos que la revista admite son los siguientes:

- Artículos científicos
- Notas técnicas
- Estudio de casos
- Revisiones bibliográficas

Si desea publicar en Revista Agrociencia, puede enviar su texto a: revista.agrociencia@ues.edu.sv



Contacto: revista.agrociencia@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
ISSN: 2522-6509